Münster 1936_No 58 Phil DiSS

Philosophie

Experimentelle Untersuchungen über die Bedingungen der relativen Tiefenlokalisation unterschiedlicher Sehdinge

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde
der Philosophischen und Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster

vorgelegt von
Theodor Röttger
aus Dolberg i. W.

1936
Druck: Heinrich Pöppinghaus o. H.-G., Bochum-Langendreer.

Tag der mündlichen Prüfung: 30. April 1932.

Dekan: Herr Prof. Dr. M. Wackernagel.
Referent: Herr Prof. Dr. phil. et med. R. H. Goldschmidt.
Korreferent: Herr Prof. Dr. W. Kabitz.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Meinen lieben Eltern

INHALT.

Seite

I. Das Problem der relativen Lokalisation unterschiedlicher Sehdinge 1

II. Erörterung der Möglichkeit einer Lösung des gestellten Problems

A. in objektiver Hinsicht: Auswahl geeigneter Versuchsbedingungen 15

B. in subjektiver Hinsicht: Auswahl geeigneter Beobachter 19

III. Untersuchungen über den Einfluß von Größe, Helligkeit, Form und Farbtönung auf die Struktur des binokularen optischen Wahrnehmungsraumes.

A. Versuche mit farbtonfreien Sehdingen.

1. Besonderes über die Versuchsbedingungen und über die Auswertung der Ergebnisse . . . 22

2. Die relative Tiefenlokalisation zweier gleicher Sehdinge 26

3. Der Einfluß unterschiedlicher Form zweier Sehdinge auf die relative Tiefenlokalisation . . 29

4. Der Einfluß der unterschiedlichen Größe auf die relative Tiefenlokalisation zweier Sehdinge . 32

5. Der Einfluß der unterschiedlichen Helligkeit auf die relative Tiefenlokalisation zweier Sehdinge 34

6. Der gleichzeitige Einfluß der unterschiedlichen Größe und der unterschiedlichen Helligkeit zweier Sehdinge auf die relative Tiefenlokalisation 37

7. Das Sehwinkelgesetz und das durch unterschiedliche Größe und Helligkeit bedingte „Hervortreten“ von Sehdingen 38

B. Versuche mit getöntfarbigen Sehdingen.

1. Die relative Tiefenlokalisation zweier Sehdinge unterschiedlichen Farbtones 41

2. Die „Stereoskopie durch Farbendifferenz“ . . 50

IV. Untersuchungen über Komponenten der Tiefenlokalisation, die von der Art der jeweils im Sehraum sich darbietenden hervor- oder zurücktretenden Sehdinge unabhängig sein können.

1. Reduktion der Farben 55
2. Farbwandelhafte Darbietung der Farben . . 59
3. Der Hintergrund 60
4. Der seitliche Abstand der Objekte . . . 62
5. Fixation der Objekte 63
6. Kontrast und Assimilation 63
7. Anomalien der Augen 65

V. Zusammenfassung der Hauptergebnisse . . . 66

I. Das Problem der relativen Lokalisation unterschiedlicher Sehdinge.

Den Anstoß zur vorliegenden Untersuchung bildeten Beobachtungen bei Farbwandelspielen, wie sie im psychologischen Seminar der Universität Münster mit Hilfe des Goldschmidtschen Farbwandelspielgerätes vorgeführt wurden. Bei den jeweils dargebotenen Farbkombinationen zeigten die einzelnen Farbflecken eine mehr oder weniger deutliche Tiefenstaffelung, obwohl das Farblicht auf einen ebenen Schirm projiziert wurde. Diese Tiefenstaffelung variierte dauernd, und zwar gleitend, nicht sprunghaft, und imponierte so als ein Hervor- und Zurücktreten der einzelnen Farbflecken[1]). Die Variation war offensichtlich von verschiedenen objektiven Bedingungen abhängig, als welche sich insbesondere Änderungen des Farbtones, Größenänderung homogener Farbflächen und Änderungen der Helligkeit leicht feststellen ließen.

Die Bedingungen, von denen das nicht durch den geringeren Abstand vom Beobachter bewirkte Hervortreten eines Sehdinges vor einem anderen abhängig ist, sind in den letzten Jahrzehnten mehrfach zum Gegenstand physiologischer und psychologischer Untersuchungen gemacht worden. Besonderes Interesse wurde bei diesen Untersuchungen der Frage nach den Ursachen oder Bedingungen der unterschiedlichen Tiefenlokalisation von Objekten unterschiedlicher Farbtönung gewidmet. Rot und Gelb zeigten im allgemeinen ein Hervortreten vor den blauen und grünen Tönen, doch wurde zuweilen auch ein gegensätzliches Verhalten beobachtet. Weiterhin ergaben sich Größe und Helligkeit als Bedingungen von bestimmendem Einfluß auf die Tiefenlokalisation. Die letzten Arbeiten auf diesem Gebiete von Sophie Belajew-Exemplarsky[2]),

1) Goldschmidt, R. H., Postulat der Farbwandelspiele. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Philosophisch-Historische Klasse, 1927/28.

2) S. Belajew-Exemplarsky, Über die sogenannten „hervortretenden Farben". Zeitschr. f. Psychol. 96, 1925.

Bruno Petermann[3]) und Heinrich Schole[4]) bringen eine bis dahin noch fehlende ziemlich umfassende Untersuchung über die Bedeutung dieser „Tiefenmotive" für die räumliche Lokalisation. Die bisher wenig beachteten subjektiven Bedingungen werden als von erheblicher Bedeutung erkannt und zuweilen einer freilich nicht sehr weit gehenden Analyse unterzogen.

Das räumliche Hervortreten gewisser Farbtöne vor anderen ist seit langem bekannt. Hierher gehört zunächst die Erscheinung der „Flatternden Herzen", die zuerst von Donders eingehend beschrieben wurde, vorher aber schon von Wheatstone, Brewster, Dove u. a. beobachtet worden war. Brücke[5]) berichtet darüber:

„Wheatstone[6]) beobachtete, daß bei Gasbeleuchtung das rot und grüne Muster einer Tapete, wenn man absichtslos auf dieselbe hinsah, sich zu bewegen schien. Referent selbst hat mit Dr. E. Du Bois-Reymond zusammen einmal vor mehreren Jahren unter ganz ähnlichen Umständen dieselbe Erscheinung beobachtet. Wheatstone und Brewster haben sich mit dem Phänomen beschäftigt; nach letzterem erscheint es auch, wenn helles Tageslicht durch ein kleines Loch in ein sonst dunkles Zimmer fällt; bei Gaslicht haben es Wheatstone u. a. mit Blau und Rot gesehen, im indirekten Sehen ist es stärker als im direkten. Eine genügende Erklärung liegt noch nicht vor".

Donders glaubte diese Erscheinung auf einfache Weise rein physikalisch erklären zu können[7]), und zwar auf Grund der mangelhaften Achromasie des menschlichen Auges. Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge werden von den brechenden Medien des menschlichen Auges nicht gleich stark gebrochen. Ist beispielsweise das Auge auf einen blauen Lichtpunkt akkommodiert, sodaß also auf der Netzhaut ein scharfes Bild von dem blauen Punkt entsteht, so werden die von einem äquidistanten roten Lichtpunkt ausgehenden Strahlen bei der

3) Br. Petermann, Über die Bedeutung der Auffassungsbedingungen für die Tiefen- und Raumwahrnehmung, Archiv f. d. ges. Psychol. 46, 1924.

4) H. Schole, Beiträge zur Psychologie der Raumwahrnehmung und räumlichen Vorstellung, Zeitschr. f. Psychol. 107, 1928.

5) Brücke, in „Fortschritte der Physik im Jahre 1845", S. 223.

6) Wheatstone, Sur un effet singulier de juxtaposition de certaines couleurs dans des circonstances particulières. L'Institut Nr. 582, S. 75.

7) Donders, Wetensch. Bijbladen behoorende bij het jaarverslag van het Ned. Gatsh. voor ooglijders over 1868, bl. 111. Vgl. auch Brücke, Die Physiologie der Farben, Lpz. 1887, S. 173.

gleichen Akkommodation erst hinter der Netzhaut vereinigt, bilden also auf der Netzhaut einen Zerstreuungskreis. Damit der rote Lichtpunkt scharf gesehen wird, ist mithin eine Akkommodationsanstrengung notwendig, die den Eindruck größerer Nähe bewirkt, wie Donders annahm. Ist umgekehrt das Auge auf einen roten Lichtpunkt akkommodiert, so werden die von einem äquidistanten blauen Lichtpunkt ausgehenden Strahlen vor der Netzhaut vereinigt. Mithin wäre also, damit auf der Netzhaut ein scharfes Bild des blauen Lichtpunktes entsteht, jetzt eine Entspannung des Ciliarmuskels erforderlich, wodurch dann analog zu dem vorhergehenden Fall der Eindruck größerer Entfernung hervorgerufen würde.

Dieser Erklärungsversuch basiert auf zwei Voraussetzungen, die auf ihre Zulässigkeit noch zu untersuchen sind. Zunächst ist die Annahme, daß die größere oder geringere Akkommodationsanstrengung in einem solchen Maße, wie es hier erforderlich wäre, ein Kriterium der Tiefenlokalisation bildet, durchaus zweifelhaft [8]). Kommt aber die Akkommodationsanstrengung als Kriterium der Tiefenlokalisation nicht in Frage, so ergibt sich daraus, daß die durch die mangelhafte Achromasie des Auges bedingte Akkommodationsänderung nicht genügt, um das Hervortreten gewisser Farben zu erklären. Ob der Achromasie in anderer Hinsicht ein Einfluß auf die Tiefenlokalisation getöntfarbiger Sehdinge zuzuschreiben ist, muß zunächst dahingestellt bleiben.

Weiterhin glaubten schon Donders und Einthoven festgestellt zu haben, daß nicht alle Beobachter, denen etwa ein rotes und blaues Objekt äquidistant dargeboten wurde, das rote Objekt in geringerer Entfernung sahen als das blaue. Sie kamen vielmehr zu dem Ergebnis, daß einige Beobachter sogar Blau vor Rot lokalisierten, und wieder andere überhaupt keine konstante Tiefendifferenz wahrnahmen [9]).

Somit erscheint die Theorie der ungleichmäßig gebrochenen Lichtstrahlen als unzulänglich für die Erklärung des „Hervortretens“ von Farben, falls man nicht etwa annehmen will, daß eine Umkehrung der oben angegebenen Brechungsverhältnisse im menschlichen Auge vorkommen könnte. Tatsächlich beweist das unterschiedliche Verhalten der Beobachter,

8) Siehe Helmholtz, Handb. d. physiol. Optik, 1910, Bd. 3, S. 30 (Zusatz von v. Kries).

9) Einthoven, Streoskopie durch Farbendifferenz, in v. Gräfe's Archiv f. Ophtalmol. Bd. 31, Abtl. 3, S. 211 ff. — S. auch Einthoven, On the production of shadow and perspective effects by difference of colour. „Brain“ XVI, 1893, Seite 191.

daß nicht ausschließlich die auf Grund der mangelhaften Achromasie erfolgende Akkommodationsänderung für die Lokalisation verschiedenfarbiger Sehdinge ausschlaggebend ist; oder anders ausgedrückt, daß, wenn schon die Zerstreuungskreise auf der Netzhaut zu der Erscheinung der „hervortretenden Farben" in irgendeiner Beziehung stehen, ihr Vorhandensein an sich für die jeweilige Tiefenlokalisation noch nicht ausschlaggebend ist.

Einthoven glaubte nun, trotz allem das Problem auf rein physikalischer Grundlage lösen zu können, wenn er die verschiedenartige Lage der Zerstreuungskreise, die durch die mangelhafte Zentrierung unserer Augen bedingt ist, mit in Betracht zog. Nehmen wir an, unsere Augen seien auf ein blaues Objekt akkommodiert; ein äquidistantes rotes Objekt würde also auf der Netzhaut in Zerstreuungskreisen abgebildet, die aber unterschiedlich gelagert sein können, insofern nämlich, als das Intensitätsmaximum dieses Zerstreuungsbildes von dem Mittelpunkt eines scharfen Bildes eines am gleichen Ort gedachten blauen Objektes entweder nasal- oder temporalwärts abweichen kann.

Die fovea centralis liegt nämlich temporalwärts vom hinteren Augenpol, die Gesichtslinie bildet also mit der Augenachse einen Winkel, der gewöhnlich ungefähr 5° beträgt. Der Schnittpunkt von Gesichtslinie und Augenachse (der Knotenpunkt) liegt also, wenn die Augenachse durch die Mitte der Pupille geht, nicht im Schnittpunkt von Pupillenebene und Augenachse, sondern ist etwas zum hinteren Augenpol hin verschoben. Wird nun etwa ein blauer Lichtpunkt fixiert, so liegt der Mittelpunkt des Zerstreuungsbildes eines dicht über oder unter dem blauen Punkt gelegenen roten Lichtpunktes nicht genau unter bezw. über dem scharfen Bildpunkt des blauen Lichtpunktes, sondern ist etwas temporalwärts verschoben. (Den Mittelpunkt eines Zerstreuungskreises, sein Intensitätsmaximum, glaubt Einthoven mit einem scharfen Bild gleich setzen zu dürfen.)

Ist nun die Verschiebung in beiden Augen ungefähr die gleiche — was im allgemeinen wegen der annähernden Symmetrie der beiden Augen aufeinander[10]) vorausgesetzt werden dürfte — liegt also in beiden Augen der rote Bildpunkt temporalwärts vom blauen Punkt, so entstehen von dem roten Punkt gekreuzte Halbbilder. Es wird also die gleiche Wirkung erzielt, die dann eintritt, wenn der rote Lichtpunkt dem Auge näher ist

10) D. h., die beiden Augen haben eine gemeinsame Symmetrieebene.

als der blaue, was ein Hervortreten des roten Lichtpunktes erklärlich macht.

Ist hingegen (immer unter der Voraussetzung, daß der Schnittpunkt von Gesichtslinie und Pupillenebene nasalwärts von dem Schnittpunkt der Augenachse mit der Pupillenebene abweicht) das Auge auf Rot akkommodiert, so entstehen von dem blauen Lichtpunkt ungekreuzte Doppelbilder, die dann entsprechend den Eindruck hervorrufen würden, daß der blaue Lichtpunkt weiter entfernt ist als der rote. In beiden Fällen würde also der gleiche Effekt, nämlich ein Hervortreten des Rot vor Blau, erzielt werden.

Somit hätte die Erscheinung der „hervortretenden Farben" bezw. der „Flatternden Herzen" „in der Einthoven'schen Darstellung des Schicksals von schief zur Pupillenebene einfallenden mehrfarbigen Strahlen ihre lange gesuchte endgültige Erklärung gefunden", wie Schapringer meint[11]). Schapringer sieht die „Stereoskopie durch Farbendifferenz" und die Erscheinung der „Flatternden Herzen" als Einzelfälle einer allgemeineren Erscheinung an, die er als „Metamorphopsie durch Farbendifferenz" bezeichnet. Sie wird zur „Chromatokinopsie", sobald man die Objekte, etwa rote und blaue Flecken oder Linien auf einem Blatt Papier, frontalparallel bewegt.

Während die oben erwähnten Arbeiten neben einer nur dürftigen qualitativen Analyse der Erscheinungen im wesentlichen den Versuch bringen, die „Metamorphopsie durch Farbendifferenz" auf spezielle physikalisch-physiologische Verhältnisse im menschlichen Auge zu reduzieren, ist Viktor Grünbergs Untersuchung[12]) rein quantitativer Art. Grünberg suchte hauptsächlich festzustellen, um welchen Betrag zwei gleichmäßig diffus beleuchtete transparente Farbflächen gegeneinander zu verschieben sind, damit sie vom Beobachter gleich weit entfernt erscheinen, und in welcher Beziehung die Größe dieser Verschiebung zur Beleuchtungsintensität steht. Zu diesem Zwecke brachte er hinter den beiden farbigen Flächen, von denen die eine verschiebbar war, als Lichtquelle eine Kerze an, deren Licht durch einen 50 cm hinter der feststehenden Farbfläche aufgestellten Schirm aus weißem Seidenpapier gleichmäßig verteilt wurde.

Zunächst stellte Grünberg folgendes fest: Wird die Kerze dem Schirm genähert, so wird die Tiefendifferenz v

11) Schapringer, a. a. O., Seite 389.

12) V. Grünberg, Über die scheinbare Verschiebung zwischen zwei verschiedenfarbigen Flächen in durchfallendem diffusen Licht. Zeitschr. f. Psychol. 42.

(d. h. die scheinbare Verschiebung der beiden farbigen Flächen, etwa Rot und Blau, von denen Blau zum Beobachter hinbewegt werden mußte, um in gleicher Entfernung mit Rot zu erscheinen) größer; wird der Abstand zwischen Kerze und Schirm (D) vergrößert, so wird v kleiner und schließlich gleich Null, bei $D = \triangle$, wo $\triangle$ eine bestimmte Entfernung zwischen Kerze und Schirm bedeuten soll. Für Rot und Blau ergab sich $\triangle = 70$ cm. Wird die Kerze noch weiter vom Schirm entfernt, so wird v negativ, d. h. im angenommenen Falle muß dann Rot zum Beobachter hin verschoben werden, um mit Blau in gleicher Entfernung zu erscheinen. Zahlenmäßig ergab sich für Rot und Blau: für $D = 35$ cm $(= \frac{1}{2} \triangle)$ war $v = 23$ cm, für $D = 140$ cm $(= 2 \triangle)$ war $v = -23$ cm und weiter allgemein (bis $n = 10$): war $v = a$ für $D = \frac{1}{n}$, so war $v = -a$ für $D = n$.

Grünberg führte außer mit Rot und Blau noch Versuche mit Rot und Gelb, Grün und Gelb sowie Blau und Gelb durch und fand, daß die oben angegebene Gesetzmäßigkeit zwischen der Änderung der Beleuchtungsstärke und der Tiefendifferenz ganz allgemein und ohne Rücksicht auf die Natur der miteinander verglichenen Farben zu bestehen schien. Er glaubte festgestellt zu haben: „Im durchfallenden diffusen Lichte zeigen zwei Flächen von verschiedener, aber gleichmäßiger Färbung im allgemeinen eine scheinbare Verschiebung gegeneinander, die bei einer bestimmten Entfernung der Lichtquelle verschwindet (Nulldistanz $\triangle$). Setzt man die für diese Entfernung geltende Beleuchtungsstärke $I = 1$, so zeigt sich, daß bei der Beleuchtungsstärke 2, 3, 4, . . . die dem roten Spektralende näher gelegene Farbe vor der dem blauen Spektralende näher gelegenen um ebensoviel hervortritt, als dies umgekehrt der Fall ist, wenn die Beleuchtungsstärke auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, . . . abnimmt“ [13]).

Ist v die scheinbare Verschiebung, I die jeweilige Beleuchtungsintensität, k eine Konstante, so ergibt sich also: $v = k \cdot \lg I$, oder, da $I = \frac{\triangle}{D}$ (für $v = 0$, d. h. $D = \triangle$, ist $I = 1$), $v = 2k\,(\lg \triangle - \lg D)$. Die Konstante $k\ (= \frac{v}{1g\ I})$ schien mit der Natur der Lichtquelle in Zusammenhang zu stehen; für die angegebene Versuchsreihe lag der Wert für k bei 38 cm.

Bei Verwendung anderer Lichtquellen (Tageslicht, elektrisches Licht) ergaben sich andere Werte für k. Da aber gleich-

13) Grünberg, a. a. O., Seite 17.

zeitig auch andere Lichtfilter benutzt wurden, die in ihrer Unterschiedlichkeit ebenfalls von Einfluß auf die Konstante k sein konnten, so ist der Wert von k möglicherweise auch durch die Art der Lichtfilter mitbestimmt, was Grünberg übersehen hat. Der Wert Δ ist ersichtlich sowohl von der Qualität der benutzten Farben als auch von der Art der Lichtquelle abhängig. In Parallelversuchen erhielt jede Farbfläche ihre besondere Lichtquelle, die gleichzeitig mit ihr verschoben wurde. Die Ergebnisse änderten sich dadurch nicht, d. h. die Ungleichheit der Helligkeiten spielte in den angegebenen Grenzen keine merkliche Rolle.

Grünbergs Ergebnisse lassen sich mit Einthovens Theorie der „Metamorphopsie durch Farbendifferenz" grundsätzlich nicht in Einklang bringen. Schon der dominierende Einfluß der Helligkeit, wie er bei Grünbergs Versuchen zu Tage trat, läßt sich nicht erklären, wenn man Einthovens Konstruktion uneingeschränkt gelten lassen will. In qualitativer Hinsicht werden Grünbergs Ergebnisse in etwa von Katz bestätigt[14]). Er fand, daß Rot vor Blau kaum noch hervortritt, wenn man mit Hilfe eines Episkotisters die Lichtstärke beträchtlich herabsetzt, was er darauf zurückführt, daß das Rot bei Herabsetzung der Lichtstärke eine relativ stärkere Einbuße an seiner Aufdringlichkeit erleidet als Blau. Wurde die Beleuchtung so stark reduziert, daß sich das Purkinje'sche Phänomen bemerkbar machte, so erschien Blau eher näher als Rot. Andererseits bestätigte Katz die von Einthoven und anderen behauptete starke Herabminderung der Erscheinung der „hervortretenden Farben" bezw. ihren gänzlichen Fortfall bei monokularer Beobachtung.

Als erste eingehende qualitative Analyse der „Metamorphopsie durch Farbendifferenz" dürfte die Abhandlung von S. Belajew-Exemplarsky „Über die hervortretenden Farben"[15]) anzusehen sein. Sie führte Versuche mit chromatischen und achromatischen Farben durch unter Benutzung von zwei verschiedenen Versuchsanordnungen: 1. 8 ca. 30 cm lange verschiebbare Stäbe ragten aus einem Schirm hervor, an ihrem Ende je eine farbige Fläche tragend. Um den durch die Form etwa bedingten konstanten Fehler zu eliminieren, wurden Farbflächen unterschiedlicher Form benutzt: Kreisflächen, Quadrate und gleichseitige Dreiecke. Der Beobachter saß 6 bis 7 Schritte vom Schirm entfernt (erste Versuchsreihe). — 2. Hinter einem

14) D. Katz, Die Erscheinungsweisen der Farben, S. 69 ff.
15) Zeitschr. f. Psychol. 96, 1924.

Reduzierschirm mit zwei kreisförmigen Öffnungen (Durchmesser = 2,7 cm) konnten zwei farbige Platten (Hering'sche Papiere auf Glas) vor- und zurückbewegt werden, gleichzeitig mit je einer durch den Reduzierschirm verdeckten Lampe, von der sie ausschließlich beleuchtet wurden. Zwischen Schirm und Platten war horizontal in frontalparalleler Ebene ein Fixationsfaden angebracht. Der Beobachter saß 80 cm vom Schirm entfernt (2. Versuchsserie).

Die Art der Versuchsanordnung war besonders in quantitativer Hinsicht von erheblichem Einfluß auf die zu untersuchenden Erscheinungen. Die mitgeteilten Ergebnisse beziehen sich hauptsächlich auf die 2. Versuchsserie. Hauptergebnis: „Dichte, kondensierte Farben (Rot, Gelb) scheinen als Farbe näher zu liegen, die verschwommenen dagegen erscheinen als Farbe weiter, als farbiger leerer Zwischenraum, als ‚farbige Beleuchtung' aber näher. Die Ursachen der scheinbaren Verschiebung der Farben sind also die folgenden: Für alle gleichgefärbten Flächen — Grellheit und Sättigung; für verschiedengefärbte Flächen gleicher Sättigung — Grellheit und Dichte, Kondensiertheit der Farbe. Die Verschwommenheit der Farbe bedingt eigentlich die Unmöglichkeit bestimmter räumlicher Lokalisation; wenn aber die Aufmerksamkeit auf den farbigen leeren Zwischenraum gerichtet ist, so schafft die Verschwommenheit auch den Eindruck größerer Nähe. Die Tatsache des wechselnden Hervortretens von Blau und Rot läßt sich also durch Kondensiertheit bezw. Verschwommenheit der Farben rein psychologisch erklären: das Blau tritt infolge seiner Verschwommenheit hervor" [16]).

S. Belajew-Exemplarsky bringt eine eingehende Analyse der zur Urteilsbildung führenden Bewußtseinsvorgänge. Sie fand, daß das Hervortreten der Farben nicht nur durch den Farbton bedingt war. Zwar kann nach Belajew-Exemplarsky „das Hervortreten der roten und gelben Farben als eine beinahe unbestreitbare Tatsache gelten" [17]), aber es ist hier nur von einer Tendenz zu reden, nicht von einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit, weil bei einem gewissen Prozentsatz von Beobachtungen die roten und gelben Farben nicht hervortraten. Die chromatischen Farben schienen im allgemeinen näher zu liegen als die achromatischen. Der Einfluß der Helligkeit war nicht eindeutig; nur sofern sie als Grellheit wirkte, war sie im Hinblick auf das Hervortreten positiv zu

16) A. a. O., Seite 429.
17) A. a. O., Seite 415.

werten. Die Grellheit, die gewöhnlich, aber durchaus nicht ausschließlich als Grundlage der Aufdringlichkeit anzusehen ist, und die von den Beobachtern als zur Sättigung eng in Beziehung stehend bezeichnet wurde, zeigte sich als hauptsächlich mitbestimmend für das Hervortreten. Von wesentlichem Einfluß waren ferner Dichte, Kondensiertheit und Verschwommenheit der Farben, die in der zweiten Versuchsserie, auf die sich die Angaben ausschließlich beziehen dürften, sich entsprechend der Erscheinungsweise reduzierter Farben besonders stark bemerkbar machten. Zwischen Farbton und Kondensiertheit bezw. Verschwommenheit ergab sich ein einfacher Zusammenhang: „Die roten und gelben Farben besitzen also bestimmt die Eigenschaft einer stärkeren Kondensiertheit, während die Farben der rechten Hälfte des Spektrums verschwommen sind“ [18]).

Belajew-Exemplarsky erwähnt dann noch einige ‚störende Momente‘ [19]), d. h. Komponenten der Tiefenlokalisation, die gleichzeitig mit der Farbigkeit wirksam waren, ohne zu den Attributen der Farbigkeit in angebbarer Beziehung zu stehen. Dazu rechnet sie den Vergleich mit früheren Versuchen, theoretische Betrachtungen des Beobachters und den Fixationsakt. Sie fand, daß im allgemeinen die fixierte Farbe zurückzutreten schien, doch konnte diese zuweilen auch näher liegen bezw. näher rücken als die andere.

Petermann fordert „eine einheitliche Betrachtung von monokularem und binokularem Raumsehen unter rein psychologischen Gesichtspunkten und nach rein analytischer Methode“ [20]). Er wendet sich gegen die erkenntnistheoretisch-realistische Einstellung in bezug auf das psychologische Raumproblem, bei der seiner Meinung nach die von ihm in den Vordergrund gerückten Erscheinungen nicht gebührend berücksichtigt werden können. Der Sehraum soll „zunächst in seiner ihm unmittelbar eigenen Erscheinungsweise — und zwar möglichst vollständig“ beschrieben werden. Besonderes Augenmerk sei den „Auffassungsbedingungen“ zuzuwenden. Die objektiven räumlichen Reizverhältnisse seien lediglich als Bedingungen der Erlebnisinhalte und nicht als deren Ursachen anzusehen. Als solche „reizmäßigen Bedingungen“ führt Petermann relative Größe und relative Helligkeit der Sehdinge an. Petermann fand, daß diese „Tiefenmotive“ aber

18) A. a. O., Seite 424.

19) A. a. O., Seite 427.

20) Br. Petermann, Über die Bedeutung der Auffassungsbedingungen für die Tiefen- und Raumwahrnehmung, Archiv f. d. ges. Psychol. 46, 1924, Seite 415.

nicht immer in der gleichen Weise und in gleichem Maße wirksam sind; ihr Einfluß kann durch „willkürliche Einstellung der Beobachtung“ erheblich gestört werden [21]). Die oben genannten „Tiefenmotive“ sind mithin als „Beachtungsmotive“ anzusehen.

Nach Petermann ist bei konstanten Reizverhältnissen die Raumlage der Sehdinge nicht für jeden Beobachter die gleiche („Variabilität der Tiefenverteilung“) und für denselben Beobachter kann sie schon während der Dauer einer Beobachtung erheblich schwanken („Labilität der Tiefenverteilung“). Die Tiefenlage eines Sehdinges wird beeinflußt durch die räumliche Verteilung der gleichzeitig mit wahrgenommenen Objekte („kollektive Auffassung der Sehdinge“). Die isolierende Beachtung eines Sehdinges, die unwillkürlich nur selten auftritt, hat zur Folge, daß das hiervon betroffene Sehding sich aus dem Komplex loslöst und nach vorn kommt. Auch die Formbestimmtheit des Sehraumes und die Art seiner Abgeschlossenheit haben bestimmenden Einfluß auf die Lokalisation der Sehdinge.

Diese exogenen „objektiven Tiefenmotive“ haben nur indirekt Einfluß auf die Struktur des Sehraumes; das primäre Moment ist die „Beachtungslenkung“.

Petermanns Resultate beziehen sich zunächst auf den monokularen Sehraum, auf den sich seine Analyse hauptsächlich erstreckt, gelten aber mit gewissen Einschränkungen auch für den binokularen Sehraum.

Schole ist der Ansicht, daß „die zu weit hinten geschauten Punkte und Fäden“ keine besonders interessanten Objekte der experimentellen Analyse seien [22]), und daß dementsprechend Hering, Helmholtz, Wundt und ihre Epigonen kaum Anspruch darauf erheben können, „unsere tatsächliche Kenntnis der in Frage stehenden Vorgänge gefördert zu haben“ [23]), und daß man zu einer „eigentlichen Theorie des Sehens“ auf dem Boden der physiologischen Betrachtungsweise, von dem aus die erwähnten Forscher das psychologische Raumproblem in Angriff genommen haben, nicht gelangen kann. Die Ausschaltung oder Nichtbeachtung der psychischen Faktoren glaubt Schole als Verkennung ihrer Bedeutung ansehen zu müssen, dabei nicht bedenkend, daß unsere heutige minutiöse Kenntnis der Anatomie und Physiologie des menschlichen Auges,

21) A. a. O., Seite 396.

22) H. Schole, Beiträge zur Psychologie der Raumwahrnehmung und räumlichen Vorstellung. Zeitschr. f. Psychol. 107, 1928, Seite 333.

23) A. a. O., Seite 325.

die auf diese Weise gewonnen wurde, eine unschätzbare Grundlage für die psychologische Forschung darstellt.

Scholes experimentelle Untersuchung erstreckt sich im wesentlichen auf die Bedeutung der relativen Helligkeit, der relativen Größe und der Farbigkeit der Sehdinge auf die Tiefenlokalisation. Die Beobachtung erfolgte hauptsächlich monokular, gelegentlich auch binokular. Bezüglich der relativen Helligkeit und der relativen Größe ergab sich: „Werden dem Einzelauge oder Doppelauge im Zentrum des homogenen Sehfeldes zwei oder mehrere durch mäßigen Abstand getrennte flächenartige Sehdinge von objektiv gleicher Größe, aber verschiedener homogener Helligkeit in gleicher orthogonaler Ebene geboten, so werden sie in der unmittelbaren Perzeption als tiefenungleich aufgefaßt, und zwar erscheint dasjenige am nächsten, dessen Helligkeit die größte Differenz gegenüber dem Hintergrunde aufweist“ [24]). — „Von Sehdingen gleicher Helligkeit auf homogenem Grunde erscheint bei ungezwungenem Verhalten (unter gewissen einschränkenden Bedingungen) das größere näher. Die relative Größe tritt als Tiefenmotiv mit der relativen Helligkeit in Konkurrenz, derart, daß größere Sehdinge, die sich vom Hintergrunde in der Helligkeit weniger abheben, näher erscheinen können als kleinere, die sich in der Helligkeit stärker abheben. Überschreitet die Ausdehnung des größeren dagegen einen bestimmten Bezirk, so tritt ein Umschlag ein: das größere tritt zurück“ [25]).

Fixation und besondere Beachtung eines Sehdinges hatten durchweg dessen Annäherung zur Folge. Waren mehr als zwei Objekte im Gesichtsfeld, so machte sich der von Petermann beschriebene Einfluß der kollektiven Auffassung geltend. Der Einfluß der jeweiligen Beachtungseinstellung auf die Tiefenlokalisation zeigte sich besonders bei Versuchen mit konzentrischen Ringen, die in unterschiedlicher Größe und Helligkeit dargeboten wurden, sowie bei der Darbietung von Spiralen, „die entweder kontinuierliche Helligkeitsübergänge oder nach einer Richtung hin kontinuierliche Abnahme ihrer Ausdehnung zeigten“ [26]). Der Einfluß der relativen Helligkeit und der relativen Größe ließ sich auch an diesen Gebilden nachweisen. Außerdem war „die außerordentliche Wirksamkeit des subjektiven Faktors der Auffassung zu beobachten, die aus den objek-

24) Schole, a. a. O., Seite 341.

25) Schole, a. a. O. Seite 346.

26) Schole, a. a. O. Seite 351.

tiv konstanten Reizen eine Unzahl von Erscheinungsformen sich zu gestalten weiß“ [27]).

Bei Verwendung getöntfarbiger Sehdinge ergaben sich bezüglich ihrer räumlichen Erscheinungsweise die gleichen Gesetzmäßigkeiten, die für die tonfreien Sehdinge aufgefunden worden waren: Die Tiefenstaffelung ist abhängig von der relativen Größe und der relativen Helligkeit. Die Frage, ob darüber hinaus auch der Farbqualität als solcher ein Einfluß auf die Tiefenstaffelung der Sehdinge zuzuschreiben ist, läßt Schole offen, während S. Belajew-Exemplarsky, deren Arbeit Schole offenbar nicht kannte, diese Frage wenigstens für einen bestimmten Bereich positiv entschieden hatte.

Somit dürften die eingangs erwähnten, bei den Farbwandelspielen beobachtbaren Erscheinungen bis zu einem gewissen Grade ihre Erklärung gefunden haben durch allgemein auch unter anderen Versuchsbedingungen als in gleicher Weise wirksam feststellbare Attribute der Sehdinge: Relative Größe, relative Helligkeit und Sättigung (die zur Helligkeit in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis steht), Grellheit und Kondensiertheit der Farbflecken. Dazu als wesentlich die „Auffassungsbedingungen“, die nicht schon durch die Struktur der Sehdinge gegeben oder doch nicht ausschließlich durch sie determiniert sind, insbesondere unterschiedliche psychische Verhaltungsweisen, durch die im wesentlichen die von Petermann näher beschriebene Variabilität und Labilität der Tiefenstaffelung der Sehdinge bedingt sein dürfte. So auffällig sich auch im Farbwandelspiel das Hervortreten von Farben zeigte, weshalb das Farbwandelspielgerät sich zur Demonstration des „Hervortretens der Farben“ und zu weiteren Untersuchungen, die über die vorliegende hinausführen, als sehr geeignet erwies, so war doch für die experimentelle Untersuchung zur Erzielung der gewünschten Isolierung der Bedingungen zunächst eine einfachere Versuchsanordnung zweckmäßiger, besonders im Hinblick auf diejenigen Probleme, die hier besonders interessieren und die sich hauptsächlich um folgende vier Fragen gruppieren:

1. Welche Eigenschaften, die von den Sehdingen selbst ausgesagt werden können, sind als Mitbedingung für das Hervor- oder Zurücktreten anzusehen?

2. Durch welche Momente, die unabhängig von der Art der im Sehraum sich darbietenden jeweils hervor- oder zurück-

27) Schole, a. a. O., Seite 356.

tretenden Sehdinge sein können, wird die Tiefenlokalisation beeinflußt?

3. In welchem Maße sind diese Bedingungen des „Hervortretens" wirksam bezw. können sie unter geeigneten Bedingungen wirksam werden?

4. Welche qualitativen und quantitativen Beziehungen zwischen monokularem und binokularem Sehraum lassen sich bezüglich des „Hervortretens" aufzeigen?

Zu 1: Die erste Frage ist durch die bisher vorliegenden Arbeiten eingehend und ziemlich übereinstimmend beantwortet worden. Zweifelhaft ist aber noch der Einfluß des Farbtons auf das „Hervortreten". Während Belajew-Exemplarsky der Farbigkeit selbst bezw. einigen ihrer Attribute eine erhebliche Wirkung nach dieser Richtung hin zuschreibt, glaubt Schole den Einfluß der Farbigkeit fast ganz auf den Einfluß der relativen Helligkeit und Größe reduzieren zu können. Die Bedingungen, unter denen diese beiden Ergebnisse gewonnen wurden, waren jedoch sehr verschieden von einander: während Belajew-Exemplarskys Angaben sich auf Beobachtungen an reduzierten Farben beziehen, hat Schole farbige Scheiben vor einem hellen oder dunklen flächenhaften Hintergrunde dargeboten. Bei den hier vorliegenden Experimentaluntersuchungen ergab sich, daß nicht nur die Helligkeit des Hintergrundes, sondern auch seine Flächenhaftigkeit von entscheidender Bedeutung für die Lokalisation getöntfarbiger Sehdinge sein kann. Die Frage, ob auch die unterschiedliche Form der Sehdinge von Einfluß auf die Tiefenlokalisation sei, ist zwar gelegentlich gestreift worden, bisher aber unbeantwortet geblieben.

Zu 2: Weiterhin wäre zu untersuchen, wie weit die Tiefenstaffelung der Sehdinge durch die Gesamtgestaltung des Sehraumes mitbedingt ist, in welchem Maße die relative sowohl als auch die absolute Tiefenlokalisation mit der Variation der Gesamtgestaltung des Sehraumes selbst variiert. Die Art seiner Abgeschlossenheit und die Beleuchtungsverhältnisse in ihm sind hier in den Vordergrund der Betrachtung gerückt worden. Die bisherigen Ergebnisse bedürfen noch in ausgedehntem Maße der Ergänzung. Darüber hinaus hat der Psychologe sein besonderes Augenmerk auf etwaige individuelle Differenzen zu richten und die Bedingungen aufzuzeigen, von welchen diese abhängig sind.

Zu 3: Quantitative Bestimmungen sind bisher nur in geringem Umfange durchgeführt worden. Bei solchen quantitativen

Bestimmungen im Hinblick auf die gestellte Aufgabe handelt es sich hauptsächlich darum, festzustellen, um welchen Betrag der Abstand eines Sehdinges vom Beobachter von dem Abstand eines anderen Sehdinges verschieden sein muß, damit beide Sehdinge in gleicher Entfernung erscheinen [28]).

Die gestellte Aufgabe verlangt die Bestimmung von Mittelwerten aus einer relativ großen Anzahl von Einzelversuchen, die viel Zeit und erhebliche Sorgfalt erfordern. Deshalb sind für solche Versuche zunächst möglichst einfache Bedingungen zu wählen, da jede Komplikation die Übersicht erschwert und die Sicherheit der Versuchsergebnisse schmälert.

Zu 4: Da monokulares und binokulares Sehen ihre eigenen Gesetzmäßigkeiten haben, ist nicht zu erwarten, daß das „Hervortreten" in den beiden ihrer Struktur nach durchaus unterschiedlichen Sehräumen in gleicher Weise und in gleichem Maße sich bemerkbar macht. Mehrfache Bemerkungen in den oben erwähnten Arbeiten bestätigen diese Vermutung, indessen liegen genaue Ergebnisse bislang nicht vor. Als gesichert darf gelten, daß in beiden Sehräumen ein Hervortreten von Sehdingen sich durchweg in der gleichen Richtung bemerkbar macht.

Im Folgenden sollen die drei ersten Fragen eingehend untersucht werden, und zwar im Hinblick auf den binokularen optischen Wahrnehmungsraum. Die Behandlung der vierten Frage kann erst erfolgen, wenn eine entsprechende Untersuchung der drei ersten Fragen im Hinblick auf den monokularen optischen Wahrnehmungsraum vorliegt.

28) Es dürfte sich empfehlen, der Klarheit halber die Ausdrücke „Entfernung" und „Abstand" in unterschiedlicher Bedeutung zu gebrauchen. Hier und im folgenden soll „Abstand" immer eine meßbare Größe im physikalischen Raum bedeuten, mit „Entfernung" aber immer die wahrgenommene („scheinbare") Entfernung im Sehraum gemeint sein.

II. Erörterung der Möglichkeit einer Lösung des gestellten Problems

A. Auswahl geeigneter Versuchsbedingungen.

Für die Experimentaluntersuchungen wurden hauptsächlich zwei verschiedene Versuchsanordnungen benutzt. Abbldg. 1 zeigt die Anordnung A. Dem Beobachter zugewandt ist die konkave Seite des Mantels einer senkrecht stehenden halben Walze, die als Hintergrund für die darzubietenden Objekte diente. Die Öffnung des Schirmes beträgt 110×80 cm. Der Schirm war gewöhnlich mit mattem schwarzen Papier ausgekleidet, das aber gegebenenfalls von andersfarbigem Karton überdeckt werden kann, sodaß die Benutzung eines Hintergrundes von beliebiger Färbung und Helligkeit ermöglicht wird. Ungefähr in der Mitte des Schirmes sind nebeneinander zwei Öffnungen angebracht, durch die zwei Metallstäbe parallel etwa 40 cm weit in den Beobachtungsraum hineinragen. Die Stäbe sind in hinter dem Schirm aufgestellten Stativen befestigt. An ihrem dem Beobachter zugewandten Ende tragen die Stäbe je eine Vorrichtung zur Befestigung der darzubietenden Objekte. Diese wurden so angebracht, daß sie die Stäbe und Öffnungen im Schirm vollständig gegen Sicht des Beobachters verdeckten. Da es sich als vorteilhaft erwies, die Expositionszeit beliebig variieren zu können, wurde vor den Objekten ein kleiner, grauer, beweglicher Schirm angebracht, der vom Versuchsleiter mit Hilfe einer Schnur heraufgezogen und wieder heruntergelassen werden konnte und so die Objekte nach Belieben freigab oder verdeckte. In dem Beobachtungsraum wurde eine senkrechte Wand sagittal so angebracht, daß sie die beiden Objekte voneinander trennte. Eines der beiden zur Befestigung der „Objektträger" benutzten Stative war so eingerichtet, daß das betreffende Objekt in einem für den Versuchszweck ausreichenden Intervall vor- und zurückbewegt werden konnte, und zwar auch kontinuierlich, nicht etwa nur ruckweise, sodaß die Bewegung so erfolgen konnte, daß der Beobachter sie nicht wahrzunehmen

vermochte. Die jeweilige Einstellung konnte auf einer Millimeterskala abgelesen werden. Die Versuche wurden gewöhnlich bei vollem Tageslicht durchgeführt. Der Abstand zwischen dem Beobachter und den Objekten konnte bis zu 5 m beliebig variiert werden.

Diese Versuchsanordnung wurde hauptsächlich bei den Vorversuchen benutzt. Sie erwies sich im Verlaufe der Untersuchung als nicht voll ausreichend für alle beabsichtigten Versuche. Für die Hauptversuche wurde deshalb die Versuchsanordnung B hergerichtet, die Abbldg. 2 zeigt. Auf einem quer zum Beobachter gestellten Tisch waren zwei Stative aufgebaut, die je einen auf einem Metallstab verschiebbaren Rahmen trugen. Jeder der beiden Rahmen trug zwei Arme, die senkrecht übereinander frontalparallel zum Beobachter und in Richtung auf die Medianebene hin angebracht waren. Die Enden der beiden am gleichen Rahmen befindlichen Arme waren durch straff gespannte schwarze Fäden miteinander verbunden. In der Mitte zwischen den beiden Armen trugen diese Fäden die gleiche Vorrichtung zur Befestigung der Objekte, wie sie bei der Anordnung A benutzt wurde, und die auch hier durch die Objekte verdeckt war [29]). Die Objekte konnten mit den Rahmen je 50 cm vor- und zurückbewegt werden, und zwar so, daß der Sehwinkel, unter dem der Abstand der Mittelpunkte der beiden Objekte erschien, ständig derselbe blieb. Die Objekte wurden also nicht etwa senkrecht zur Frontalebene des Beobachters, sondern in seiner Blickrichtung verschoben. Der Abstand der Mittelpunkte der beiden Objekte betrug, falls nichts anderes angegeben ist, 2,3°. Der jeweilige Abstand der Objekte vom Beobachter konnte an einer Skala, die auf je einer mit dem Rahmen verschiebbaren Leiste eingetragen war, abgelesen werden. Der mittlere Abstand zwischen den Objekten und den Augen des Beobachters betrug 5 m.

Der Beobachter saß auf einem Stuhl, an dem ein verstellbarer Kopfhalter angebracht war, und so, daß die Blicklinie bei der Fixation der Mittelpunkte der Objekte ungefähr in die Horizontalebene fiel. 113 cm vom Beobachter entfernt befand sich ein großes Diaphragma, dessen rechteckiger Ausschnitt den Ausblick auf die Objekte freigab. An dem Diaphragma war eine Klappe angebracht, durch die der Versuchsleiter mit Hilfe eines Fadenzuges den Ausschnitt nach Belieben verdecken und freigeben konnte. Zur Beleuchtung der Objekte diente ausschließlich „künstliches Tageslicht". Die Beleuchtungsvorrichtung war

29) Vgl. Abbldg. 3.

gleich hinter dem Diaphragma so angebracht, daß der Beobachter während eines Versuches nur den erhellten Ausschnitt des Diaphragmas und die dargebotenen Objekte sehen konnte. Durch einen vor der Beleuchtungsvorrichtung angebrachten Schirm aus dünnem weißen Seidenpapier wurde das Licht hinlänglich verteilt. Etwa 6 m hinter der Versuchsanordnung erstreckte sich frontalparallel zum Beobachter eine Wand, die mit einem schwarzen Tuch abgekleidet war. Ein flächenhafter Hintergrund ergab sich dadurch nicht, vielmehr sahen alle Beobachter hinter den Objekten einen dunklen Raum, über dessen Tiefenausdehnung sie nichts auszusagen vermochten. Soweit nichts anderes angegeben ist, beziehen sich die mitgeteilten Ergebnisse auf Versuche, die mit Hilfe der hier beschriebenen Anordnung B durchgeführt wurden. Über weitere Versuchsanordnungen, die zur Untersuchung spezieller Fragen benutzt wurden, wird jeweils im Zusammenhang mit den einschlägigen Versuchen zu berichten sein.

Im Hinblick auf eine möglichst weitgehende Kontrollierbarkeit und Übersichtlichkeit der Versuchsbedingungen wurde besonders Wert darauf gelegt, die Versuchsanordnung möglichst einfach zu gestalten. Es wurden zunächst nur jeweils simultan 2 Objekte dargeboten, deren Mittelpunkte in der gleichen Horizontalebene lagen. Die Erfahrungen und die Ergebnisse der Vorversuche führten mit Notwendigkeit zu dieser Isolierung und Spezialisierung des Problems. Dadurch sind freilich verschiedene Teilprobleme von der systematischen Untersuchung ausgeschlossen worden. Sie gruppieren sich hauptsächlich um folgende drei Fragen:

1. Welchen Einfluß hat die Lage der Sehdinge zueinander auf die Tiefenlokalisation?
2. Wie wird die Tiefenlokalisation durch das Hinzutreten weiterer Sehdinge und
3. wie wird sie durch die Art dieser Sehdinge beeinflußt?

Wenn zu diesen Fragen hier zunächst keine Stellung genommen wird, so geschieht es aus der Erwägung heraus, daß es wenig Zweck hat, dem Einfluß der mehr „komplexen Tendenz-Komponenten“ (im Sinne von R. H. Goldschmidt) nachzugehen [30]), solange nicht die Bedeutung der hier in den Vordergrund der Betrachtung gerückten wesentlichen Komponenten des Tiefensehens (der mehr „elementaren Tendenz-Komponenten“) möglichst weitgehend geklärt ist.

30) Siehe R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 39.

Die vorliegenden Ergebnisse machen keinen Anspruch darauf, ohne weiteres für mehr komplexe Versuchsbedingungen auch nur annähernde Gültigkeit zu besitzen; wie weit das der Fall ist, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Schon das Streben nach methodischer Klarheit, ganz abgesehen von der unerläßlichen Forderung eines möglichst sauberen Experimentierens, hat hier dazu geführt, zunächst mit möglichst einfachen und deshalb in höchstem Grade kontrollierbaren Versuchsbedingungen zu arbeiten und von der Bearbeitung des Einzelproblems auszugehen.

Es wurde davon abgesehen, Fixationspunkte anzubringen. Zwar hätten sie die Urteilsbildung erleichtert, wie die Beobachter übereinstimmend angaben; doch behaupteten die meisten von ihnen, besonders die mehr kritisch eingestellten, daß sich bei Anbringung eines Fixationspunktes oder jedenfalls bei dessen Mitbeachtung der Gesamteindruck erheblich ändern könne. Deshalb wurde bei den Versuchen ein Fixationspunkt bezw. -Faden nur dort angewandt, wo sein Einfluß auf die Lokalisation besonders untersucht werden sollte [31]).

Die Expositionszeit betrug gewöhnlich 2^s, sofern nicht durch die Eigenart einzelner Versuche eine längere oder kürzere Expositionszeit bedingt war. Die Beobachter gaben übereinstimmend an, daß eine Expositionsdauer von 2^s zur Bildung ihres Urteils im allgemeinen voll ausreichend sei. Eine längere Beobachtungszeit erwies sich auch als unzweckmäßig: einmal, weil dadurch eher eine Ermüdung der Augen hervorgerufen wurde, dann aber auch, weil bei verlängerter Expositionszeit der Entfernungseindruck oft erheblich schwankte, besonders bei einem Fixationswechsel.

Bei den quantitativen Untersuchungen wurde die Konstanzmethode angewandt. Die Herstellungsmethode sowohl als auch die Grenzmethode erwiesen sich in mehrfacher Hinsicht als unzweckmäßig, wie die Ergebnisse einer besonderen Versuchsreihe zeigten.

---

31) Vgl. Belajew-Exemplarsky, a. a. O., Seite 417: „Die Versuche ohne Fixationspunkt ergaben kein bestimmtes Resultat; dagegen betonten die Beobachter nachdrücklich, daß das Fixieren des (Fixations-) Fadens den Eindruck völlig verändert". — Dann hat es aber wenig Sinn, nur mit Fixationsfaden zu untersuchen. Den „Lokalisationswert" der Farben selbst bekommt man auf diese Weise niemals heraus, da man es ja stets mit einem Komplex zu tun hat, in dem wenigstens zwei Komponenten von wesentlicher Bedeutung untrennbar konstitutiv wirksam sind.

B. Die Auswahl geeigneter Beobachter.

Die im Psychologischen Seminar der Westfälischen Landesuniversität durchgeführten Experimentaluntersuchungen wurden im W.-S. 1927/28 begonnen und im S.-S. 1931 zum vorläufigen Abschluß gebracht. Die Beobachter, im ganzen etwa 30, waren in der Mehrzahl Studenten und Studentinnen der hiesigen Universität. In den Voruntersuchungen, die mit Hilfe der Anordnung A durchgeführt wurden, machten sich große individuelle Differenzen geltend. Die Angaben der Beobachter divergierten in einem Maße, wie es nach den Ergebnissen der bisher zu unserem Problemgebiet vorliegenden Arbeiten nicht erwartet worden war. Es war nicht schwer, die Ursachen dieser Abweichungen festzustellen. Sie erklären sich einmal durch die Verschiedenheit der Augen sowie durch verschiedene mehr oder weniger variable teils „äußere", teils „zentral" bedingte Einflüsse, zum anderen aber — und das ist bei allen derartigen Untersuchungen ebenso beachtenswert als es oft übersehen oder aus Mangel an Sorgfalt nicht berücksichtigt wird — liegen sie im wesentlichen begründet in einem oft erheblichen Unterschiede im Charakter der Beobachter, von denen es der eine mit seinen Angaben nicht sehr genau nimmt, oder gar das objektiv Gegebene mehr oder weniger bewußt subjektiv verfälscht, während der andere nur Aussagen macht, deren Wahrheit ihm unbezweifelbar erscheint.

Diese Erfahrungen zeigten zwangsläufig, daß für unsere Untersuchungen eine sorgfältige Sonderung der Beobachter unumgänglich notwendig war, umsomehr, als in den bisher zu dem gestellten Problem vorliegenden Arbeiten keinerlei bestimmte Angaben über irgendwelche Relationen zwischen den Beobachtungsergebnissen und der physischen und psychischen Konstitution der Beobachter zu finden waren.

Es ist ein fundamentaler Irrtum, wenn man annimmt, daß es bei psychologischen Untersuchungen zur Erlangung genereller Ergebnisse auf Besonderheiten des Beobachters nicht ankommt. Schon die Gefahr, ausschließlich Vertreter eines besonderen Typus als Beobachter zu bekommen, ohne daß man in der Lage ist, diesen Typus in seiner Besonderheit zu erkennen und ihn gegen andere Typen abgrenzen zu können, sollte zur Vorsicht mahnen.

Schon zu Beginn der Voruntersuchungen (die unter Benutzung der Anordnung A durchgeführt wurden) zeigte es sich, daß die Tiefenlokalisation und damit das „Hervortreten" ge-

wisser Sehdinge in hohem Maße von der Beschaffenheit der Augen der Beobachter abhängig ist. Es wurde besonders Wert darauf gelegt, Beobachter auszuwählen, die wenigstens annähernd normalsichtig waren. Dort, wo nicht annähernd normalsichtige Beobachter zu den Experimentaluntersuchungen herangezogen worden sind, ist es jeweils ausdrücklich angegeben.

Vor jedem Versuch wurde die Disponiertheit des Beobachters möglichst genau festgestellt, unter besonderer Berücksichtigung etwaiger subjektiver oder objektiver Ermüdung sowie vorhergegangener stärkerer Anstrengung der Augen. Manche Beobachter zeigten zuweilen eine mehr oder minder große Unlust, an den Beobachtungen teilzunehmen. Ihnen wurde zur Pflicht gemacht, gegebenenfalls davon Mitteilung zu machen.

Bei den Vorversuchen machten sich darüber hinaus manche subjektiven Bedingungen geltend, die schwer kontrollierbar waren, und deren Aufdeckung im Einzelfalle wohl nur selten möglich gewesen ist, zumal sie nicht nur von Beobachter zu Beobachter, sondern auch bei dem gleichen Beobachter variierten. Hier ist in erster Linie an die Suggestibilität des Beobachters zu denken, die sich bei den Versuchen zuweilen in einem solchen Grade bemerkbar machte, daß sie ohne weiteres als solche erkannt werden konnte. Beobachter, die starker Suggestibilität verdächtig waren, wurden ausgesondert; inwiefern und in welchem Maße die Beobachtungsergebnisse durch Suggestionen beeinflußt werden können, wurde durch eine besondere Versuchsreihe festzustellen versucht.

Beobachter, die nicht psychologisch vorgebildet sind, müssen erst lernen, bei ihren Beobachtungen auf das zu achten, was für die jeweilige Untersuchung von Bedeutung ist; solange sie nicht eine gewisse Übung im Beobachten erlangt haben, dazu besonders auch einige Gewandtheit in der Formulierung ihrer Aussagen, ist ihren Äußerungen gegenüber besondere Vorsicht am Platze. Die Beobachter wurden an Aufgaben geschult, die denen ähnlich waren, die später in den Hauptversuchen an sie herantraten. Sie wurden dazu angehalten, die Ergebnisse ihrer Beobachtungen möglichst einfach darzustellen, und zwar in der Ausdrucksweise, deren sie sich im täglichen Leben zu bedienen pflegten.

Zu Beginn der Untersuchungen konnten die Beobachter zwar bald mit ziemlicher Sicherheit angeben, ob etwa eines der dargebotenen Sehdinge näher oder ferner war als das andere. Mit welcher Beachtungs-, Fixations- usw. Änderung aber die Änderung der Tiefendifferenz parallel ging, das zu erkennen

und mit einiger Sicherheit angeben zu können, brauchte im allgemeinen ziemlich lange Zeit. Manche Beobachter lernen es freilich schnell; bei näherem Zusehen aber entdeckt man dann gewöhnlich, daß dies gerade die schlechtesten Beobachter sind, unzuverlässig, suggestibel, oder auch solche, die wegen besonderer „Tüchtigkeit" auffallen wollen. Aus der großen Zahl der zur Verfügung stehenden Beobachter wurden nur diejenigen ausgewählt, die offensichtlich ihrer Aufgabe auch tatsächlich gewachsen waren und sich die nötige Mühe gaben. Trotzdem waren Hilfen des Versuchsleiters zuweilen nicht zu umgehen; solche Hilfen wurden aber aus naheliegenden Gründen nur mit größter Vorsicht benutzt.

Die Sonderung der Beobachter war für diese Untersuchung in zweifacher Hinsicht von Bedeutung: Einerseits wurden solche Beobachter, von denen von vornherein nicht anzunehmen war, daß sie sich bei den Versuchen gemäß der Instruktion des Versuchsleiters verhalten würden, zu den Beobachtungen nicht herangezogen; andererseits wurde eine, wenn auch nur grobe Sichtung und Klassifizierung der „brauchbaren" Beobachter erreicht. Durch diese Sonderung der Beobachter dürfte die Übersichtlichkeit der Bedingungen wesentlich gefördert und damit der „Sicherheitskoeffizient" der Ergebnisse beträchtlich erhöht worden sein.

Wenn hier von der „Unbrauchbarkeit" von Beobachtern die Rede ist, so hat das den wohlbestimmten Sinn, daß diese Beobachter nicht den Anforderungen entsprachen, die mit Rücksicht auf die Fragestellung an sie zu stellen waren. An sich ist das Verhalten der „Unbrauchbaren" natürlich von erheblichem psychologischen Interesse.

Es sei hier noch besonders betont, daß die Sonderung der Beobachter lediglich nach allgemeinpsychologischen Gesichtspunkten durchgeführt wurde, nicht etwa auf Grund von Ergebnissen der eigentlichen Untersuchungen. Es wurde im Gegenteil alles vermieden, was dazu hätte verleiten können.

III. Untersuchungen über den Einfluß von Größe, Helligkeit, Form und Farbtönung auf die Struktur des binokularen optischen Wahrnehmungsraumes

A. Versuche mit farbtonfreien Sehdingen.

1. Besonderes über die Versuchsbedingungen und über die Auswertung der Ergebnisse.

Die Untersuchungen, über die hier berichtet werden soll, sind hauptsächlich quantitativer Art und beziehen sich auf den Binokularraum. Es wurde ausschließlich Anordnung B benutzt. Der Abstand zwischen den Augen des Beobachters und der physikalischen Nullstellung der Objekte betrug 5 m. Als Lichtquelle diente eine Bergmann-Sparwatt-(Tageslicht-)Lampe, 75 Watt, abgesehen von den Versuchen mit getöntfarbigen Objekten, wo zwei dieser Lampen benutzt wurden. Das Licht wurde durch ein vorgelegtes Blatt dünnen Seidenpapieres gedämpft. Die Beleuchtungsvorrichtung befand sich gleich hinter dem Diaphragma. Der Abstand der Lampen vom exponierten Objekt betrug 3,7 m. Der Ausschnitt des Diaphragmas war so groß, daß ein Wettstreit der Sehfelder sich nicht bemerkbar machte. Im Gesichtsfeld befanden sich nur die Objekte, scheinbar frei im dunklen Raum schwebend. Die schwarze Wand im Hintergrund wurde als solche von keinem der Beobachter bemerkt.

Als Versuchsverfahren wurde die Konstanzmethode gewählt. Die Expositionszeit betrug 2^s. Den Beobachtern wurden in von Versuchsreihe zu Versuchsreihe unterschiedlichem Wechsel der Differenz des Abstandes vom Beobachter zwei Sehdinge dargeboten, deren relative Entfernung zu beurteilen war. Es wurden mindestens zwei Versuchsreihen je Beobachter und Objektepaar durchgeführt, jedoch am gleichen Tage mit dem gleichen Beobachter nicht mehr als eine Versuchsreihe derselben Art. Innerhalb einer Versuchsreihe wurde das Ent-

fernungsurteil immer über das gleiche und zwar, soweit nicht anders vermerkt, über das rechtsbefindliche Objekt abgegeben. Bei einzelnen Beobachtern — nicht bei denjenigen, die an den Beobachtungen dieses Abschnittes teilnahmen — machte sich die Tendenz bemerkbar, jeweils das rechts befindliche Objekt näher bezw. ferner zu lokalisieren, und zwar im weiten Umfange unabhängig von der Struktur der jeweiligen Objekte. Um eine mögliche Fehlerquelle auch hier zu eliminieren, wurde vorsichtshalber so verfahren, daß ein Objektepaar, das beispielsweise in der ersten Versuchsreihe etwa in der Anordnung a, b dargeboten worden war, in der folgenden Versuchsreihe (des gleichen Beobachters) in der Anordnung b, a dargeboten wurde.

Der Beobachter hatte bei den Versuchen lediglich sein Urteil über die relative Entfernung der beiden Sehdinge abzugeben, also entweder „gleich" (u), „näher" (—) oder „weiter" (+) zu rufen. Er konnte auch die Urteile weiter differenzieren, also etwa „wenig näher" oder „viel weiter" angeben. Die Gleichheitsurteile waren nicht eindeutig: es konnten eigentliche und uneigentliche Gleichheitsurteile unterschieden werden [32]).

Die zu diesen Versuchen herangezogenen Beobachter, zwei Damen und fünf Herren, damals sämtlich Studierende der hiesigen Universität, waren nach den im Abschnitt II B aufgestellten Gurndsätzen „ausgesucht" worden. Sie sollen mit den Buchstaben A bis G bezeichnet werden. Beobachter, die nicht annähernd normalsichtig waren, oder die der Forderung nach genauer und unverfälschter Angabe des rein wahrnehmungsmäßig Gegebenen offenbar nicht hinlänglich gerecht wurden, oder die Suggestionen in dem Maße und in der Weise zugänglich waren, daß dadurch eine Beeinflussung der Beobachtungsergebnisse zu befürchten war, wurden grundsätzlich von der Teilnahme an diesen Versuchen ausgeschlossen. Es sei hier noch einmal darauf hingewiesen, daß die Auswahl unter den Beobachtern nicht etwa an Hand von Versuchen vorgenommen wurde, die sich auf die hier zur Untersuchung stehenden Probleme beziehen. Zeigte der Beobachter subjektive oder objektive Ermüdung, irgendwelche Störung des Wohlbefindens oder eine sonstige Alteration, die einen Einfluß auf das Beobachtungsergebnis befürchten ließ, so wurden Versuche, deren Ergebnisse in diesem Abschnitt mitgeteilt werden, mit ihm nicht vorgenommen.

32) Eigentliche Gleichheitsurteile: solche Gl.-Urteile, in denen die Gleichheit behauptet wird; uneigentliche Gl.-Urteile: solche Gl.-Urteile, in denen die Ungleichheit verneint wird.

Der Erfolg dieser sorgfältigen Auslese war größer, als nach den Ergebnissen der bisher vorliegenden einschlägigen Arbeiten zu erwarten war. Die Ergebnisse waren bei sämtlichen Beobachtern ziemlich gleichartig. Die „Lokalisationsfehler" sowohl als auch die Streuung und der Umfang des Streuungsgebietes waren ziemlich gleichmäßig und erstreckten sich bei allen Beobachtern in der gleichen Richtung. Die interindividuellen und intraindividuellen Differenzen waren als gleichartig anzusprechen, insofern jedenfalls, als irgend eine Versuchsreihe irgend eines Beobachters sich von der entsprechenden Versuchsreihe irgend eines andern Beobachters wesentlich nicht unterschied, geschweige denn, daß sich konstante Abweichungen bemerkbar gemacht hätten. Für getöntfarbige Sehdinge gilt dies allerdings nicht; vielmehr machten sich hier verhältnismäßig große Differenzen bemerkbar, die auch häufig bei demselben Beobachter von Versuch zu Versuch starken Schwankungen unterworfen waren, deren Bedingungen sich nicht restlos feststellen ließen.

In der Instruktion wurden die Beobachter mit besonderem Nachdruck darauf hingewiesen, daß lediglich die Ergebnisse der unmittelbaren Wahrnehmung anzugeben seien. Die rein beobachtende, reflexionsfreie Einstellung fällt erfahrungsgemäß den meisten Beobachtern schwer. In der Voruntersuchung hatte der Beobachter jeweils zunächst das rein wahrnehmungsmäßig Gegebene anzugeben, getrennt davon alles übrige, was er noch dazu zu sagen hatte. Auf diese Weise ließ sich leicht feststellen, wie weit das Unterscheidungsvermögen des Beobachters reichte und wann ihm nachzuhelfen war. Allerdings läßt sich auf diese Weise nur die Fähigkeit des Beobachters feststellen; ob er sich bei späteren Beobachtungen immer der Instruktion gemäß verhalten wird, kann man natürlich nicht voraussagen. Gelegentliche Kontrollen und entsprechende Hinweise sind durchaus angebracht. Von Zeit zu Zeit fand eine Wiederholung der Instruktion in Form eines Kolloquiums statt. Dem Beobachter die Instruktion nur vorzulesen oder sie ihm nur schriftlich zu geben, ist nicht immer ausreichend. Auch die sorgfältigst ausgearbeitete Instruktion bietet keine Gewähr dafür, daß sie nicht vom Beobachter nur unvollständig aufgefaßt oder falsch verstanden wird.

Soweit es sich bei den quantitativen Untersuchungen nicht um Versuche mit getöntfarbigen Sehdingen handelte, sind die unter den angegebenen Bedingungen mit den verschiedenen Beobachtern erzielten Ergebnisse zusammengefaßt worden. Ein

solches Vorgehen verstößt unter den gegebenen Umständen durchaus nicht gegen den Sinn der Forderung nach Berücksichtigung der Individualität des Beobachters, da sich ja, wie schon angedeutet, die interindividuellen Differenzen von den intraindividuellen nicht merklich unterschieden. Wollte man die Forderung nach Berücksichtigung der Individualität des Beobachters sinngemäß und streng durchführen, so dürfte man auch die von dem gleichen Beobachter etwa zu verschiedenen Zeiten erlangten Ergebnisse nicht zusammenfassen; denn auch in diesem Falle sind sie ja keineswegs als von den gleichen Bedingungen abhängig anzusehen, selbst dann nicht, wenn sich keine merklichen Unterschiede in der Disponiertheit des Beobachters nachweisen lassen. Ob man Versuchsergebnisse zusammenfassen darf oder nicht, ist immer nur von Fall zu Fall zu entscheiden. Der Forderung nach Berücksichtigung der Individualität des Beobachters dürfte durch die „Auswahl" der Beobachter weitgehend Genüge geleistet worden sein. Darüber hinaus wurden gelegentlich festgestellte Besonderheiten der Beobachter, sofern sie in diesem Zusammenhang nur irgendwie von Interesse sein konnten, gebührend berücksichtigt.

Es ergab sich zunächst die Frage: wie verteilen sich die drei möglichen Urteile über die relative Entfernung der beiden Sehdinge ihrer Häufigkeit nach auf das u-Intervall, d. h. dasjenige Intervall, das sämtliche Gleichheitsurteile umfaßt, also als Grenzen diejenigen Punkte aufweist, in denen und über die hinaus nur noch die Urteile „näher" bezw. „weiter" auftreten. Nun ist zu erwarten, daß innerhalb dieses u-Intervalls ein Punkt liegt, gegen den hin die Gleichheitsurteile sich häufen; er soll „psychologischer Nullpunkt" genannt werden. Die Größe seines Abstandes vom „physikalischen Nullpunkt" („physikalische Nullstellung"), d. h. von dem Punkte der Gleichabständigkeit beider Objekte vom Beobachter kann als Maß des „Hervortretens" angesehen werden. Darüber hinaus wäre aber bei der Beurteilung des „Hervortretens" noch der Verlauf der Minus- und der Pluskurve im u-Intervall zu beachten.

Es wurde davon Abstand genommen, nach den üblichen Formeln gewisse ausgezeichnete Werte zu berechnen; vielmehr sind die jeweiligen Ergebnisse durch Tabellen dargestellt worden, die für die Diskussion der Ergebnisse mindestens das gleiche leisten wie errechnete Werte, und die es überdies erlauben, die Streuung der Urteile im u-Intervall ohne weiteres abzulesen.

Zur Gewinnung der Tabellen wurde in folgender Weise verfahren: In den Vorversuchen wurde zunächst, gewöhnlich unter Anwendung der Grenzmethode, die ungefähre Lage des „psychologischen Nullpunktes" festgestellt, sowie die Lage derjenigen Punkte, in denen und über die hinaus die Minus- bezw. Plusstellung mit Sicherheit als solche erkannt wurde. Die Objekte wurden dann in den Hauptversuchen nach der Konstanzmethode so dargeboten, daß als Differenz ihres Abstandes vom Beobachter bei unregelmäßigem Wechsel jeweils 0, 1, 2 . . . . . cm genommen wurde. Die Anzahl der Einstellungen betrug bis zu 70 für jeden Wert.

Für häufig gebrauchte Bezeichnungen sind folgende Abkürzungen eingeführt worden. Es bedeutet d: Abstand der Objekte vom Beobachter in der physikalischen Nullstellung; t: Expositionszeit; i: Intervallänge, d. h., der kürzeste Abstand zwischen zwei Punkten, in denen das bewegliche Objekt dargeboten wurde.

2. Die relative Tiefenlokalisation zweier gleicher Sehdinge.

Auf Grund der Fragestellung des vorhergehenden Abschnittes ergibt sich sogleich die Vorfrage: wie werden zwei gleiche Objekte relativ zueinander lokalisiert, wenn sie in der oben angegebenen Weise dargeboten werden? Hierüber liegen, wenigstens soweit flächenhafte Objekte größerer Ausdehnung in Betracht kommen, eingehende Untersuchungen bisher nicht vor. Es ist befremdend, daß auch die neueren Arbeiten, die das „Hervortreten" gewisser Sehdinge behandeln, nichts darüber bringen, denn zweifellos ist die Frage nach der relativen Tiefenlokalisation gleicher Objekte für das Problem des „Hervortretens" von wesentlicher Bedeutung. Macht sich etwa das Hervor- oder Zurücktreten eines Objektes auch dann schon bemerkbar, wenn zwei gleiche Objekte dargeboten werden, — und es ließen sich derartige Fälle feststellen — so ist anzunehmen, daß die relative Tiefenlokalisation unterschiedlicher Objekte dadurch Modifikationen erfährt. Vielleicht sind auf diese Weise manche Widersprüche in den bisher vorliegenden Ergebnissen zu erklären. Das „Hervortreten" muß ja nicht notwendig nur von der Struktur der Sehdinge abhängig sein und ist es auch keineswegs, wie die einschlägigen Untersuchungen gezeigt haben.

Zu den Versuchen dieses Abschnittes wurden vier unterschiedliche Objektepaare benutzt: weiße Kreisflächen mit dem

Durchmesser 10,4 cm und 6 cm, mittelgraue Kreisflächen mit dem Durchmesser 6 cm und weiße gleichseitige Dreiecke mit der Seitenlänge 8,1 cm[33]). Die Versuche wurden so durchgeführt, daß der Beobachter das Urteil über die relative Entfernung der beiden gleichen Objekte bei der einen Hälfte der Einzelbeobachtungen auf das rechts befindliche und bei der anderen Hälfte auf das links befindliche Objekt bezog. Die Urteile aus der zweiten Hälfte der Versuche (bei denen das Urteil sich auf das links befindliche Objekt bezog) wurden so ausgewertet, daß diese Urteile mit den Urteilen der ersten Hälfte zusammengefaßt werden konnten. Die Tabellen sind also so zu verstehen, daß sich die Urteile immer auf dasselbe, nämlich das rechts befindliche Objekt beziehen. Im übrigen wurde so verfahren wie unter III A 1 angegeben (also d = 5,00 m, i = 1 cm, $t = 2^8$). Die Gesamtzahl der Darbietungen betrug ungefähr 300 für jedes Objektepaar[34]). Im einzelnen ergab sich:

1. Zwei weiße Kreisscheiben 6.

Tabelle 1.

	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5
+	0	0	0	0	13	31	50	59	81	100	100
u	0	6	12	34	40	45	37	31	19	0	0
—	100	94	88	66	47	24	13	10	0	0	0

2. Zwei weiße Kreisscheiben 10,4.

Tabelle 2.

	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5
+	0	0	0	0	19	22	43	68	82	100	100
u	0	0	14	32	48	52	43	25	18	0	0
—	100	100	86	68	33	26	14	7	0	0	0

3. Zwei mittelgraue Kreisscheiben 6.

Tabelle 3.

	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5
+	0	0	11	11	19	21	38	57	71	79	100
u	0	14	11	43	43	62	45	32	29	21	0
—	100	86	78	46	38	17	17	11	0	0	0

33) Im folgenden abgekürzt etwa als „Kreisscheibe 6“ oder „Dreieck 8 1“ bezeichnet, wobei die Zahlen den Durchmesser bzw. die Seitenlänge der Objekte in cm bedeuten.

34) Über die Gewinnung der Tabellen vergl. Seite 26.

4. Zwei weiße gleichseitige Dreiecke 8,1.

Tabelle 4.

	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5
+	0	0	7	14	17	24	36	71	79	86	100
u	0	7	25	32	55	52	43	18	21	14	0
—	100	93	68	54	28	24	21	11	0	0	0

Die Zahlenreihe —5, —4 . . . . +5 gibt in cm den jeweiligen Abstand des beweglichen Objektes von der physikalischen Nullstellung an, vom Beobachter aus gerechnet. „—", „u" und „+" haben die auf Seite 23 angegebene Bedeutung. Die hinter diesen drei Zeichen stehenden Zahlen geben die relative Häufigkeit der Urteile für jedes Intervall an.

—5 und +5 sind jedenfalls in allen vier Versuchsreihen als Schranken des u-Intervalls anzusehen. Zur physikalischen Nullstellung hin nehmen die u-Urteile zu, allerdings zuweilen sehr ungleichmäßig, und erreichen — mit einer Ausnahme — beim Wert 0 ihr Maximum. Die Minus- und Plus-Urteile setzen immer schon vor der physikalischen Nullstellung mit geringen Beträgen ein und nehmen jenseits des Nullpunktes rasch zu.

Vergleicht man die Versuchsreihen 1 und 2 mit den beiden anderen, so fallen sofort charakteristische Unterschiede auf: Während die beiden ersten Kurven überhaupt keine „Verkehrtheiten"[35]) zeigen, finden sich in der dritten Kurve gleich drei „Verkehrtheiten erster Ordnung" und eine „Verkehrtheit zweiter Ordnung", in der vierten Kurve zwei „Verkehrtheiten zweiter Ordnung" (denn auch die Verschiebung des psychologischen Nullpunktes von 0 nach —1 ist als solche zu werten). Weiterhin ist in den beiden letzten Tabellen die Summe aller u-Urteile erheblich größer als in den Tabellen 1 und 2, was bei graphischer Darstellung als größere Ausdehnung des von der u-Kurve und der Abszissenachse umschlossenen Flächenstückes in Erscheinung tritt. Bezeichnet man den Inhalt dieses Flächenstückes mit F_u, den Inhalt der in analoger Weise der Minus- und Pluskurve zuzuordnenden Flächenstücke (innerhalb der Grenzen

35) Eine „Verkehrtheit" liegt in denjenigen Punkten einer Kurve vor, in denen ihr monotoner Verlauf unterbrochen wird (abgesehen vom Maximum der u-Kurve). Eine „Verkehrtheit" wird als „Verkehrtheit erster Ordnung" bezeichnet, wenn sie dadurch gekennzeichnet ist, daß zwei benachbarte Ordinatenwerte gleich sind, ist das nicht der Fall, so wird sie als „Verkehrtheit zweiter Ordnung" bezeichnet. — Vgl. Fröbes, Lehrb. d. exper. Psychol., 2. Auflg., 1. Bd., Seite 476.

—5 und +5) mit F_k bezw. F_g, und nimmt man die Intervallänge i als lineare Einheit, so ergibt sich:

Tabelle 5.

	1	2	3	4
F_g	38,4	38,4	35,7	38,4
F_u	22,4	23,1	30,0	26,7
F_k	39,2	38,5	34,3	34,9.

Setzt man die Summe $F_g+F_u+F_k$ gleich 1, so ergeben sich für F_u in den Versuchsreihen 1—4 die Ordnungszahlen 0,204; 0,210; 0,273; 0,243.

Diese Schwankungen des Wertes F_u besagen an sich noch nicht viel; das zugrundeliegende Material ist immerhin so bescheiden, daß es sich um rein zufällige Werte handeln könnte. Jedenfalls ist aber die Frage berechtigt, ob und inwieweit die Rangordnung dieser Zahlen von angebbaren und kontrollierbaren Bedingungen abhängig ist. Wenn hier vorweggenommen werden darf, daß bei fast allen vergleichbaren Versuchsreihen der Wert F_u innerhalb der Grenzen 20,0 und 30,0 lag und eine Zunahme des Wertes F_u durchweg auch dann eintrat, wenn nur eines der beiden Objekte eine graue Kreisfläche oder ein Dreieck war, so ist ein hinreichender Grund zu der Vermutung vorhanden, daß der Wert F_u durch die Form und durch die Helligkeit der jeweils dargebotenen Objekte mitbedingt sein kann. Auf welche Weise dieser Einfluß von Form und Helligkeit wirksam wird, soll in den folgenden Abschnitten näher dargelegt werden.

3. Der Einfluß unterschiedlicher Form zweier Sehdinge auf die relative Tiefenlokalisation.

Ob auch gewissen Formen die Eigenschaft des „Hervortretens“ eigen ist, bedarf noch eingehender Untersuchung. Häufig wird jedenfalls den Dreiecken die Tendenz zum „Hervortreten“ gegenüber anderen geometrischen Figuren zugesprochen. Spezielle Untersuchungen liegen aber darüber bis jetzt nicht vor.

In Versuchsreihe 5 wurde untersucht, wie Kreis und Dreieck relativ zueinander lokalisiert wurden. Als Objekte dienten eine weiße Kreisfläche 6 und ein weißes gleichseitiges

Dreieck 8,1; die beiden Flächen waren also annähernd inhaltsgleich (Kreisfläche 28,26 qcm, Dreieck 28,35 qcm).

Versuchsreihe 5.

(Die Urteile beziehen sich auf die Kreisfläche.)

Tabelle 6.

	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5
+	0	7	7	18	28	32	40	54	79	86	100
u	0	7	29	21	36	44	41	35	21	14	0
—	100	86	64	61	36	24	19	11	0	0	0

$F_k = 35{,}10$; $F_u = 24{,}80$; $F_g = 40{,}10$[36]).

Der „psychologische Nullpunkt" fällt mit der physikalischen Nullstellung zusammen. Ein erhebliches Hervortreten des einen oder des anderen Objekts macht sich also nicht bemerkbar. Der Verlauf der Minus- und der Pluskurve deutet allerdings auf ein leichtes Hervortreten des Dreiecks hin, da F_g erheblich größer als F_k ist, und die Anzahl der links vom Nullpunkt liegenden Plusurteile doppelt so groß ist, wie die Anzahl der Minusurteile rechts vom Nullpunkt. Diese Abweichungen vom Idealfall aber bewegen sich durchaus in den Grenzen der Abweichungen, die als „zufallsbedingt" angesprochen werden können und bei diesen Untersuchungen auch sonst zuweilen „unmotiviert" auftreten. Als einziger Beobachter neigte B dazu, das Dreieck näher zu lokalisieren. Diese Tendenz zeigte sich auch bei einer Wiederholung des Versuchs.

Einige Beobachter äußerten spontan, daß die ihnen gestellte Aufgabe in dieser Versuchsreihe schwieriger sei als etwa in den Versuchsreihen 1 und 2 des Abschnittes 2. Das Bild sei „unruhig", ebenso wie bei Reihe 3, und dadurch sei die Urteilsbildung erschwert. Beobachter C: „Kreis und Dreieck sind bezüglich ihrer (relativen) Entfernung nicht leicht zu vergleichen. Es kommt vor, daß ich weder den Eindruck der Gleichheit habe noch sagen kann, welches der Objekte vor- oder zurücksteht, jedenfalls häufiger, als das bei zwei weißen Kreisflächen der Fall war. Es ist etwas anderes, ob ich sehe, daß beide Objekte in gleicher Entfernung von mir sind, oder ob ich nur den Eindruck habe, daß eines der Objekte weder näher noch weiter fort ist als das andere. Hier tritt das letztere verhältnismäßig

36) Hinsichtlich der Bedeutung von F vgl. Seite 28.

häufig auf". Zur Versuchsreihe 3 (Abschnitt 2) äußerte sich Beobachter F: „Ich sehe fast nie eine deutliche Tiefendifferenz; fast immer habe ich den Eindruck, als ob die beiden Dreiecke ungefähr gleichweit entfernt seien. Das habe ich neulich schon einmal gemerkt, bei dem Versuch mit Kreis und Dreieck. Da fiel mir schon auf, daß ich mir so schlecht ein Urteil bilden konnte, und ich habe angenommen, daß bei jenem Versuch die Objekte immer nur wenig gegeneinander verschoben wurden, weniger als bei anderen Versuchen. Ich glaube aber, daß das mit der Dreiecksform zusammenhängt." — Andere Beobachter äußerten sich ähnlich.

Offenbar handelt es sich hier um die bei Schwellenbestimmungen häufig auftretende Erscheinung, daß der Beobachter etwa zwei Reize zwar als ungleich wahrnimmt, aber nicht angeben kann, wie die Wahrnehmungsinhalte hinsichtlich der zu beachtenden Eigenschaft einander zuzuordnen sind. Sofern in einem solchen Falle ein Gleichheitsurteil erfolgt, wird man es passend als „uneigentliches Gleichheitsurteil" bezeichnen können, und zwar deshalb, weil sowohl das Gleichsein — das als Grundlage eines „eigentlichen" Gleichheitsurteils anzusehen wäre — als auch ein „Größer" und „Kleiner" verneint wird. Die Beobachter geben an, daß, wenn sie das Urteil „gleich" abgaben, überwiegend ein solcher „uneigentlicher Gleichheitseindruck" vorlag.

Die „eigentlichen" und „uneigentlichen" Gleichheitsurteile sind als „u-Urteile" zusammengefaßt worden. Eine Trennung war einerseits schwierig, da sie erhöhte Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Beobachters stellte; andererseits wäre für die Untersuchung auch kaum ein wesentlicher Vorteil daraus erwachsen. Parallel mit dem verstärkten Auftreten der negativen Gleichheitsurteile ging durchweg ein Anwachsen des Wertes F_u wie sich weiterhin noch zeigen wird.

Aus Tabelle 5 ergibt sich offenbar kein „Hervortreten" des Dreiecks oder des Kreises. Von einigen Beobachtern aber wurde dem Dreieck ein „Hervortretenwollen" zugeschrieben. So äußerte sich Beobachter F: „Wenn ich Kreis und Dreieck so betrachte, so habe ich immer den Eindruck, als ob das Dreieck plötzlich auf mich zuschießen könnte, während der Kreis ruhig an Ort und Stelle bleiben würde". Ähnlich Beobachter B: „Wenn ich nicht scharf aufpasse, so habe ich stets den Eindruck, daß das Dreieck auf mich zukommen will, sehe ich dann wieder genau hin, so steht es doch mit dem Kreis gleich weit weg. Eine eigentliche Bewegung sehe ich nicht, ich habe nur den Eindruck,

als ob das Dreieck sich bewegen will. — Dem Dreieck wurde also ein Bewegungsstreben nach vorn zugesprochen [37]). Dieser Eindruck des „Sichbewegenwollens" war wohl unterscheidbar von einem eigentlichen Bewegungseindruck.

4. Der Einfluß der unterschiedlichen Größe auf die relative Tiefenlokalisation zweier Sehdinge.

Der Einfluß der relativen Größe auf das Hervortreten eines Sehdinges relativ zu einem anderen ist von Petermann und Scholle unter verschiedenen Bedingungen eingehend untersucht worden. Auf Grund ihrer Ergebnisse würde unter Berücksichtigung der speziellen Versuchsbedingungen der vorliegenden Untersuchung der Satz gelten: Werden dem Beobachter zwei flächenhafte Objekte, die sich durch nichts als durch ihren Flächeninhalt unterscheiden, äquidistant dargeboten, so hat das größere von beiden die Tendenz zum „Hervortreten". In diesem Satz wird nur behauptet, daß durchgängig eine solche Tendenz zum „Hervortreten" erwartet werden darf, daß also jedenfalls bei einer größeren Anzahl von Versuchsreihen in der Mehrzahl der Reihen das größere Objekt gegenüber dem kleineren häufiger hervor- als zurücktreten wird. Keineswegs soll etwa behauptet werden, daß nicht auch unter geeigneten Versuchsbedingungen das kleinere Objekt die Tendenz hervorzutreten haben könnte. Der Satz gilt auch zunächst nur für einen gewissen mittleren Bereich; manche Erfahrungen sprechen dafür, daß dann, wenn die beiden Flächen einen erheblichen Größenunterschied zeigen, das kleinere Objekt die Tendenz hervorzutreten haben kann.

Versuchsreihe 6.

Bedingungen wie vorher; Objekte: Weiße Kreisfläche 10,4 und weiße Kreisfläche 6. Verhältnis der Flächeninhalte: 3:1. Die Urteile beziehen sich auf das kleinere Objekt.

Tabelle 7.

	—7	—6	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3
+	0	0	0	0	21	36	40	57	79	100	100
u	0	0	15	32	46	39	34	31	21	0	0
—	100	100	85	68	33	25	26	12	0	0	0

37) Vgl. R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 26.

Durch die Werte F_K und F_g soll hier der Inhalt des Flächenstückes in cm^2 angegeben werden, das von der Minus- bezw. Pluskurve, der Abszisse und den Ordinaten, die vom „psychologischen Nullpunkt" den Abstand 5 cm haben, umschlossen wird [38]). Alsdann ist $F_k = 49{,}90$; $F_u = 21{,}70$; $F_g = 28{,}30$.

Der „psychologische Nullpunkt" ist um 3 cm gegen die physikalische Nullstellung verschoben, entsprechend ist eine Verlagerung der Minus- und der Pluskurve eingetreten. Beides spricht entschieden für ein „Hervortreten" der größeren Kreisfläche. Darüber hinaus ergaben sich hinsichtlich der Verteilung der einzelnen Werte im u-Intervall einige bemerkenswerte Unterschiede gegenüber der Werteverteilung bei den Reihen 1 bis 4. Dort war die Streuung ziemlich regelmäßig; die u-Kurve fiel vom „psychologischen Nullpunkt" nach beiden Seiten hin ziemlich gleichmäßig ab, und die Minus- und die Pluskurve zeigten in ihrem Verlauf keine bemerkenswerte Unterschiedlichkeit. In Versuchsreihe 6 hingegen fällt die u-Kurve vom „psychologischen Nullpunkt" bis zur physikalischen Nullstellung nur wenig, um dann aber ebenso wie auf der der physikalischen Nullstellung abgewandten Seite steil abzufallen. Hier macht sich offenbar eine gewisse retardierende Wirkung der physikalischen Nullstellung geltend. Dieser Einfluß der physikalischen Nullstellung ist auch in den folgenden Versuchsreihen deutlich zu erkennen. Die Plusurteile verschwinden links vom „psychologischen Nullpunkt" gänzlich, während rechts von ihm die Minusurteile zusammengenommen die relativ hohe Maßzahl 73 erreichen. Dementsprechend ist F_k erheblich größer als F_g.

Besonderes Augenmerk verdient der Punkt der physikalischen Nullstellung. In ihm zeigt sich das Hervortreten der größeren Fläche nicht in dem Maße, wie es auf Grund der Ergebnisse früherer Untersuchungen hätte erwartet werden können. Immerhin erreichen aber die Plus-Urteile die Maßzahl 57, mehr als das Doppelte der in den Reihen 1 bis 4 durchschnittlich im Nullpunkt auftretenden Plus-Urteile.

Der Rekurs auf die Versuchsreihen 1 bis 4 hat sich offenbar als sehr nützlich erwiesen. Nicht nur, daß sich durch Vergleich mit diesen Reihen die mutmaßlichen Merkmale des „Hervortretens" leichter feststellen lassen, man ist gleichzeitig auch in der Lage, die Grenzen, innerhalb deren man sie als solche gelten lassen kann, mit einiger Genauigkeit anzugeben.

38) Vgl. Seite 28.

Es wurde schon erwähnt, daß von zwei verschieden großen Sehdingen unter Umständen auch das kleinere die Tendenz haben kann hervorzutreten, und zwar speziell dann, wenn zu einem kleinen Objekt ein relativ sehr großes dargeboten wird. Wurde beispielsweise hinter der einen Hälfte des Diaphragmaausschnittes in dem üblichen Abstande vom Beobachter eine weiße Kreisfläche so angebracht, daß sie diese Hälfte des Ausschnittes ganz ausfüllte, und daneben eine gleich helle Kreisfläche 6 oder ein gleichhelles Quadrat 5,3, so hatte (unter den üblichen Bedingungen) die Kreisfläche bezw. das Quadrat die Tendenz hervorzutreten. Häufig aber trat das kleinere Objekt dann zurück, wenn die dem kleineren abgewandte Hälfte des größeren Objekts stärker beachtet oder fixiert wurde. — Bringt man etwa in der Ebene einer Hauswand in geringem Abstand von ihr ein verhältnismäßig kleines flächenhaftes und der Hauswand in Helligkeit und Farbton annähernd gleiches Objekt an, so kann letzteres unter geeigneten Beobachtungsbedingungen deutlich hervortreten.

Offensichtlich pflegt also ein Hervortreten des kleineren Objektes unter gewissen Bedingungen dann einzutreten, wenn das Netzhautbild des größeren Objektes seiner absoluten Größe nach einen bestimmten Betrag überschreitet, und zwar um so mehr, je mehr die Ausdehnung des größeren Objektes bei simultaner Beobachtung über die Grenzen des deutlichen Sehens hinausragt.

5. Der Einfluß der unterschiedlichen Helligkeit auf die relative Tiefenlokalisation zweier Sehdinge.

Versuchsreihe 7.

Eine weiße und eine mittelgraue Kreisscheibe 6 wurden unter den üblichen Bedingungen dargeboten. Die Urteile beziehen sich auf die weiße Kreisscheibe.

Tabelle 8.

	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
+	0	0	0	9	12	20	26	57	86	93	100
u	0	14	14	31	33	46	55	43	14	7	0
—	100	86	86	60	55	34	19	0	0	0	0

Unter Berücksichtigung der Festsetzungen auf Seite 33 ergibt sich: $F_k = 29{,}00$; $F_u = 25{,}70$; $F_g = 45{,}30$.

Die weiße Kreisfläche hat offensichtlich die Tendenz hervorzutreten. Die Merkmale, die im vorhergehenden Abschnitt auf ein Hervortreten des größeren Objektes hindeuten, finden sich in analoger Weise auch hier.

Versuchsreihe 8.

Objekte: weiße und dunkelgraue Kreisscheibe 6. Bedingungen wie üblich. Die Urteile beziehen sich auf die weiße Kreisscheibe.

Tabelle 9.

	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7
+	0	0	0	0	17	14	20	35	68	86	100
u	0	0	11	25	38	43	59	48	32	14	0
—	100	100	89	75	45	43	21	17	0	0	0

$F_k = 34{,}00$; $F_u = 27{,}00$; $F_g = 39{,}00$.

Der „psychologische Nullpunkt" hat zwar seine Lage beibehalten, ein „Ruck nach rechts" als Zeichen eines der größeren Helligkeitsdifferenz der beiden Objekte entsprechenden stärkeren Hervortretens der weißen Kreisfläche ist aber unverkennbar. Es zeigt sich darin, daß F_k eine erhebliche Zunahme und F_g eine entsprechende Abnahme zu verzeichnen hat. Während in Versuchsreihe 7 das Verhältnis F_k zu F_g ungefähr = 0,64 war, erreicht es in Reihe 8 den Betrag 0,87. Es nähert sich also dem Betrage 1, der dem Idealfalle entsprechen würde, wobei der Idealfall dadurch gekennzeichnet sein soll, daß $F_k = F_g$ ist.

Der Wert F_u ist in beiden Versuchsreihen verhältnismäßig hoch ausgefallen. Beachtet man nun, daß in Versuchsreihe 3 (zwei mittlere Kreisflächen 6) F_u den Wert 30,00 erreichte, so dürfte es immerhin wahrscheinlich sein, daß die geringere Helligkeit der Objekte und das Anwachsen des Wertes F_u miteinander im Zusammenhang stehen. Dieser mutmaßliche Zusammenhang dürfte dann eine ähnliche Grundlage haben wie die unter 3 festgestellte Zunahme von F_u bei der Darbietung dreieckiger Flächen: das verstärkte Auftreten der „uneigentlichen" Gleichheitsurteile. Hierzu einige Angaben der Beobachter. Im Anschluß an die Versuchsreihe 7 äußerte Beobachter G: „gr [39]) ist keine glatte Fläche wie w [39]). Wenn ich

39) Es ist gr = grau, w = weiß.

w nicht mitbeachte, kann gr die Entfernung stark wechseln, viel stärker als w. Bei gr kann man in die Farbe hineinsehen, sie ist gleichsam aufgelockert". (Auf Befragen:) „Das gr erstreckt sich wohl in die Tiefe, hat eine „Dicke"[40]), hat aber keine vordere und hintere Begrenzungsfläche. Bei angespannter Aufmerksamkeit erscheint gr mehr flächenhaft, ist aber der Struktur nach immer noch stark von w verschieden, ist nicht so glatt, mehr aufgerauht." (gr hat einen um 3 cm geringeren Abstand vom Beobachter als w:) „Die Entfernungen sind schlecht vergleichbar; — gleich — aber ohne richtigen Gleichheitseindruck, d. h. unentscheidbar; ich sage „gleich", weil ich nicht angeben kann, ob eines der Objekte näher oder weiter weg ist als das andere." (Auf Befragen:) „Die Unvergleichbarkeit ist nicht nur darauf zurückzuführen, daß der Tiefeneindruck nicht stabil ist. Auch wenn ein „Schaukeln" der Objekte nicht bemerkt wird, ist weder positive Gleichheit[41]) noch Tiefendifferenz angebbar. Den Eindruck der positiven Gleichheit habe ich überhaupt nur selten, am ehesten noch bei zwei weißen Objekten, auch sonst wohl, wenn die Objekte gleich sind."

Andere Beobachter äußerten sich ähnlich. Die meisten fanden wohl den Unterschied zwischen dem „eigentlichen" und dem „uneigentlichen" Gleichheitseindruck heraus, Angaben über die erlebnismäßige Charakteristik dieser unterschiedlichen Relationen aber waren sehr dürftig und differierten stark.

Welchen Bedingungen das Schwanken des Wertes F_u tatsächlich unterworfen ist, ließ sich an Hand des zur Verfügung stehenden Materials auch nicht angenähert feststellen. Es ergab sich lediglich eine durchgängige Parallelität zwischen dem verstärkten Auftreten des „uneigentlichen Gleichheitseindrucks" und dem Anwachsen des Wertes F_u.

Infolge der Irradiation erschien in den beiden letzten Versuchsreihen jeweils das weiße Objekt größer als das graue (beide waren objektiv gleich groß). Es ergibt sich nun die Frage, ob nicht etwa schon die scheinbare Größendifferenz der beiden Sehdinge als Grundlage des „Hervortretens" anzusprechen sei, sodaß ein „Hervortreten" auf Grund unterschiedlicher Helligkeit sich auf ein „Hervortreten" auf Grund unterschiedlicher Größe reduzieren ließe.

Beiläufig wurde nun untersucht, wie groß unter den üblichen Versuchsbedingungen eine weiße Kreisscheibe sein

40) Vgl. Katz, Die Erscheinungsweisen der Farben.

41) Die „positive Gleichheit" entspricht dem „eigentlichen Gleichheitseindruck". Vgl. Seite 23.

mußte, damit sie die gleiche scheinbare Größe hatte, wie die in Versuchsreihe 7 benutzte graue Kreisscheibe 6. Drei Beobachtern wurden zugleich mit dieser grauen Kreisscheibe in willkürlichem Wechsel weiße Kreisscheiben mit dem Durchmesser 60, 58, 56, 54 mm dargeboten. Es ergab sich, daß die weiße Kreisfläche von 56 mm Durchmesser in der Mehrzahl der Fälle von gleicher Größe wie die graue und in keinem Falle größer erschien als diese. Wurden die beiden zuletzt erwähnten Sehdinge zusammen dargeboten, so hatte die weiße Kreisfläche bei allen Beobachtern die Tendenz hervorzutreten.

Das „Hervortreten" eines hellen Sehdinges gegenüber einem dunkleren war also jedenfalls nicht ausschließlich auf den Einfluß der unterschiedlichen Größe zurückzuführen, vielmehr muß der relativen Helligkeit ein spezifischer Einfluß auf das „Hervortreten" zuerkannt werden.

6. Der gleichzeitige Einfluß der unterschiedlichen Größe und der unterschiedlichen Helligkeit zweier Sehdinge auf die relative Tiefenlokalisation.

Versuchsreihe 9.

Dargeboten wurden eine weiße Kreisscheibe 6 und eine graue Kreisscheibe 8,5; ihre Flächeninhalte verhielten sich ungefähr wie 1:2. Die Urteile beziehen sich auf die weiße Kreisfläche.

Tabelle 10.

	—5	—4	—3	—2	—1	0	+1	+2	+3	+4	+5
+	0	0	0	11	12	17	24	43	57	86	100
u	0	0	29	36	45	57	52	38	36	14	0
—	100	100	71	53	43	26	24	19	7	0	0

$F_k = 39{,}30$; $F_u = 30{,}70$; $F_g = 30{,}00$.

Der „psychologische Nullpunkt" fällt mit dem physikalischen Nullpunkt zusammen. Gleichwohl macht sich ein „Hervortreten" der weißen Kreisfläche deutlich bemerkbar: Die u-Kurve fällt vom Nullpunkt nach rechts langsamer als nach links; die Minuskurve steigt — vom Nullpunkt aus gerechnet — eher und stärker an als die Pluskurve, sie erreicht auch eher ihren höchsten Wert; die Summe der Maßzahlen für die Minusurteile rechts vom Nullpunkt ist mehr als doppelt so groß wie

die Summe der Maßzahlen der Plusurteile links vom Nullpunkt, und der Punkt gleicher Häufigkeit für die Minus- und Plusurteile liegt bei +1, weicht also so stark vom „psychologischen Nullpunkt“ ab, wie in keiner anderen Versuchsreihe außer Reihe 4; in dem Intervall —5 bis +5 ist $F_q = 30{,}00$, während F_k den Wert 39,30 erreicht ,also fast um $\frac{1}{3}$ größer ist als F_q [42]). Was nun die Lage des „psychologischen Nullpunktes“ anbelangt, so ist zu beachten, daß die u-Kurve im Nullpunkt eine „Verkehrtheit zweiter Ordnung“ [43]) haben kann, bei deren Fortfall der „psychologische Nullpunkt“ etwa nach +1 rücken könnte, sodaß seine Lage dann in gleicher Weise wie die oben angeführten Merkmale für ein Hervortreten der weißen Kreisfläche sprechen würde. Als Ursache dafür, daß der „psychologische Nullpunkt“ mit der physikalischen Nullstellung zusammenfällt und nicht, korrespondierend zu dem sonstigen Verlauf der Kurven rechts von ihm liegt, dürfte am ehesten die gleiche retardierende Wirkung des physikalischen Nullpunktes anzusehen sein, die sich vermutlich auch in den Versuchsreihen 6 bis 8 mehr oder weniger stark bemerkbar machte. Ob bei einem Sehding die Tendenz zum Hervortreten vorliegt oder nicht, läßt sich nicht schon auf Grund des Vorhandenseins oder Fehlens nur eines, wenn auch wichtigen Bestimmungsstückes der Kurve beurteilen, vielmehr läßt erst eine Häufung von Merkmalen und die Stärke, mit der sie auftreten, einigermaßen sichere Annahmen zu.

Jedenfalls zeigt Tabelle 10, daß relative Größe und relative Helligkeit miteinander in „Konkurrenz“ treten können, derart, daß ein Hervortreten eines weißen Sehdinges vor einem grauen durch eine entsprechende Größe des grauen Sehdinges kompensiert werden kann.

7. Das Sehwinkelgesetz und das durch unterschiedliche Größe und Helligkeit bedingte „Hervortreten“ von Sehdingen.

Die Tatsache, daß relative Größe und relative Helligkeit einen Einfluß auf die optische Tiefenlokalisation haben können, nimmt Petermann [44]) zum Anlaß einer kritischen Betrachtung des Sehwinkelgesetzes, das v. Sterneck folgendermaßen formulierte: „Bei gleichem Sehwinkel ist die scheinbare Größe eines Gegenstandes seiner scheinbaren Entfernung pro-

42) Vgl. Seite 33.
43) Vgl. Seite 28.
44) Petermann, a. a. O., Seite 385.

portional“ und „bei gleicher scheinbarer Entfernung ist die scheinbare Größe eines Gegenstandes ungefähr dem Sehwinkel proportional“ [45]). Was v. Sterneck „Sehraum auf Grund der Erfahrung“ nennt, ist aber nicht etwa der phänomenale optische Wahrnehmungsraum, sondern ein höchst seltsames Gemenge aus diesem und dem Euklidischen Raum. „Wir definieren entsprechend den zu einem bestimmten Standort gehörigen Sehraum als den Inbegriff derjenigen Punkte des wahren Raumes, in dem wir nur auf Grund der Gesichtswahrnehmungen, die wir von dem betreffenden Standort aus machen, die gesehenen Gegenstände lokalisiert vorstellen“. Weiter sagt v. Sterneck dann in Anlehnung an diese Definition: „Da sämtliche Punkte des Sehraumes auch Punkte des wahren Raumes sind, die Punkte des wahren Raumes aber in ihren Beziehungen den Gesetzen der Euklidischen Geometrie unterliegen, so muß dasselbe auch mit den Punkten des Sehraumes der Fall sein“ [46]).

Gegenüber dem v. Sterneck'schen Sehwinkelgesetz betont Petermann, daß ein eindeutiger Einfluß der Helligkeit auf die Sehgröße bestehe und formuliert auf Grund seiner Versuchsergebnisse die folgenden beiden Sätze: „Sind zwei objektiv gleich große Scheiben verschiedener Helligkeit gegeben, so muß die hellere weiter fortgerückt werden, damit sie mit der anderen gleich groß gesehen wird; stehen sie in gleicher Tiefe, so wird in der Regel die hellere größer gesehen“. „Hellere Scheiben erscheinen, monokular betrachtet, im allgemeinen näher als objektiv gleich große dunklere (gleichgültig, in welcher objektiven Tiefe sie stehen)“ [47]).

Vergleicht man diese beiden Sätze Petermanns mit dem Sehwinkelgesetz, so ergibt sich tatsächlich ein Widerspruch, insofern nämlich, als v. Sterneck behauptet, daß Sehgröße und Sehferne einander eindeutig zugeordnet seien, der Einfluß der relativen Helligkeit auf das Verhältnis der Sehgröße zur Sehferne aber eine Durchbrechung dieser eindeutigen Zuordnung bedeutet. Es fragt sich nur, ob ein solcher Vergleich zulässig ist, wie Petermann ohne weiteres voraussetzt, m. a. W., ob v. Sterneck bei der Formulierung des Sehwinkelgesetzes von genau den gleichen Voraussetzungen ausgegangen ist wie Petermann bei seiner Behauptung, daß das Sehwinkelgesetz wegen des Einflusses der relativen Hellig-

45) R. v. Sterneck Der Sehraum auf Grund der Erfahrung, Lpz. 1907.
46) v. Sterneck, a. a. O., Seite 3.
47) Petermann, a. a. O., Seite 388.

keit durchbrochen sei. Daß dies zulässig ist, muß aber durchaus verneint werden, denn v. Sterneck behauptet die Gültigkeit des Sehwinkelgesetzes für den „Sehraum auf Grund der Erfahrung" und nur für diesen, während Petermann die Versuchsergebnisse, auf Grund deren er seine beiden Sätze formuliert hat, im „erfahrungsfreien" Raum erlangt hat, oder doch jedenfalls in einem Raum, der von ihm als „erfahrungsfrei" angenommen wurde. Bei v. Sterneck aber handelt es sich jedenfalls nicht um den „erfahrungsfreien Raum", und der Geltungsbereich eines Gestzes, das für jenen und nur für ihn behauptet wird, erfährt dadurch, daß es für diesen nicht gilt, keinerlei Einschränkung.

Überdies ist jenes „sehr abstrakte Gebilde", das v. Sterneck „Sehraum auf Grund der Erfahrung" nennt, — selbst wenn man es mit der Ausdrucksweise nicht allzu genau nimmt — jedenfalls nicht das, was bei Petermann als (phänomenaler) Sehraum Objekt der psychologischen Untersuchung ist.

Hiermit soll weder für die Integrität des Sehwinkelgesetzes Stellung genommen noch der Einfluß der relativen Helligkeit auf den Geltungsbereich des Sehwinkelgesetzes bestritten werden. Es soll lediglich gezeigt werden, daß Petermanns Kritik einen Versuch mit untauglichen Mitteln darstellt — und dazu einen Versuch am untauglichen Objekt.

Denn selbst wenn die Gültigkeit des Sehwinkelgesetzes von v. Sterneck auch für den „erfahrungsfreien" Raum beansprucht worden wäre, so wird jedenfalls nicht verlangt, daß sich diese Gesetzmäßigkeit unter jeder Bedingung auswirken müsse, ebenso wenig, wie etwa der Physiker das von seinen Gesetzen erwartet. Er behauptet nur deren Gültigkeit unter ganz bestimmten Bedingungen, und nur in diesem Sinne kann man auch von psychischen Gesetzmäßigkeiten sprechen. Ausdrücklich sagt v. Sterneck: „Auf kleine, von unserem Standpunkt aus unwesentliche Änderungen, wie etwa die kleinen Änderungen in der scheinbaren Vertikalen, die bei derartigen Kopfbewegungen auftreten und als Aubert'sches Phänomen bezeichnet werden, gehen wir hier nicht weiter ein" [48]).

V. Sterneck behauptet also offenbar gar nicht das, wogegen Petermann sich wendet: die Gültigkeit der für den „Sehraum auf Grund der Erfahrung" aufgestellten Gesetze unter beliebigen Bedingungen.

48) v. Sterneck a. a. O., Seite 7.

B. Versuche mit getöntfarbigen Sehdingen.

1. Die relative Tiefenlokalisation zweier Sehdinge unterschiedlichen Farbtones.

In diesem Abschnitt soll nur zu einigen wesentlichen Fragen im Hinblick auf das Hervortreten getöntfarbiger Sehdinge Stellung genommen werden. Im Anschluß an die Ausführungen der vorhergehenden Abschnitte ist zunächst hauptsächlich die Frage von Interesse, ob die Farbigkeit als spezifische Komponente des Hervortretens anzusehen ist, oder ob diese Erscheinung bei getöntfarbigen Objekten sich etwa durch den Einfluß der relativen Helligkeit erklären läßt.

Zunächst wurde untersucht, ob etwa bei den Beobachtern, die an den Versuchsreihen der vorhergehenden Abschnitte teilgenommen hatten, individuelle Differenzen auftraten, die eine Verrechnung der Resultate in der bisher üblichen Weise nicht statthaft erscheinen ließen, was schon nach dem Ergebnis der ersten orientierenden Versuche zu vermuten war. Tatsächlich zeigte sich, daß sowohl interindividuelle als auch intraindividuelle Differenzen sich in einem solchen Maße bemerkbar machten, daß es sich als notwendig erwies, die Auswertung der Ergebnisse grundsätzlich anders zu gestalten als in den vorhergehenden Versuchen. Selbst eine Zusammenfassung der mit dem gleichen Beobachter zu verschiedenen Zeiten erzielten Ergebnisse erschien nicht unbedenklich. Zwar ist eine solche Summierung trotzdem durchweg erfolgt, doch wurde den tatsächlichen Verhältnissen dadurch Rechnung getragen, daß die Tabellen durch entsprechende Vermerke über die vorgefundenen intraindividuellen Differenzen ergänzt wurden.

Unter diesen Umständen erschien es angängig, die Konstanzmethode durch ein weniger zeitraubendes Versuchsverfahren zu ersetzen, schon deshalb, weil die häufige Wiederkehr der gleichen Objekte in verschiedenen Versuchsreihen den meisten Beobachtern wenig angenehm ist, wodurch eine Abweichung vom „normalen Verhalten“ hervorgerufen werden könnte. Es wurde nun versucht, diese Schwierigkeit durch Anwendung der Grenzmethode zu umgehen. Dabei wurde so verfahren, daß eines der beiden in der üblichen Weise dargebotenen Objekte einmal von einem Punkte, in dem mit Sicherheit das Urteil „näher“ abgegeben wurde und ein anderes Mal von einem Punkte, in dem deutlich der Eindruck der entgegengesetzten Tiefendifferenz vorhanden war, in Intervallen von je 1 cm dem

mutmaßlichen Bereich der u-Urteile genähert wurde. Es wurde jeweils der Punkt festgestellt, in dem erstmalig ein Gleichheitsurteil erfolgte. Das Verfahren war streng unwissentlich. Den Beobachtern wurde auch nichts über die Art des Versuchsverfahrens mitgeteilt.

Als Objekte wurden eine rote und eine blaue Kreisfläche benutzt. Mit den Beobachtern D und I wurde je eine Versuchsreihe durchgeführt. Der Ausgangspunkt für die Einzelversuche wurde variiert; er ist jeweils mit a bezeichnet. Die Zahlenwerte gelten für r (rot) relativ zu b (blau). Beispielsweise bedeuten also die Angaben für den Versuch Nr. 1 in der folgenden ersten Tabelle: bei der ersten Exposition waren r und b gleichabständig vom Beobachter (a = 0); r wurde dann vor jeder folgenden Exposition um 1 cm zurückgeschoben, solange, bis erstmalig ein u-Urteil erfolgte, in diesem Falle bei + 9 (u: + 9).

Tabelle 11.

Beob. D; aufsteigend.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a=	0	+2	+6	0	+6	+2	+6	0	+6	+6
u:	+9	+9	+11	+7	+10	+9	+12	+3	+11	+9

absteigend.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a=	+24	+20	+18	+24	+18	+18	+24	+18	+18	+24
u:	+20	+14	+15	+18	+16	+14	+19	+17	+14	+19

Tabelle 12.

Beob. I; aufsteigend.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a=	0	+4	+4	0	—4	—4	0	0	+4	0	—4	—4
u:	+7	+10	+11	+4	+3	+3	+8	+7	+11	+6	+2	+4

absteigend.

Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a=	+16	+16	+10	+16	+10	+8	+8	+16	+16	+10	+10	+16
u:	+12	+12	+7	+10	+8	+7	+6	+10	+12	+8	+7	+10

Offenbar sehr fragwürdige Ergebnisse. Die Lage des jeweils erstmaligen u-Urteils zeigt nicht nur konstant eine Abhängigkeit von der Richtung, die sie zum Ausgangspunkt ein-

nimmt, auch der Ausgangspunkt selbst ist offensichtlich mitbestimmend für die jeweilige Lage des „psychologischen Nullpunktes". Die aus solchen Ergebnissen zu errechnenden Mittelwerte und Streuungsmaße werden den wirklichen Verhältnissen natürlich bei weitem nicht in dem erforderlichen Maße gerecht, da sie ja weitgehend von ganz anderen Momenten abhängig sind als von dem Farbton der Objekte, dessen Einfluß auf das Hervortreten hier ja möglichst isoliert werden soll.

Da nun die unter Anwendung der Grenzmethode erzielten Ergebnisse weitgehend von Änderungen des Versuchsverfahrens abhängig waren, insbesondere von der Lage des Ausgangspunktes und von seiner Richtung zum mutmaßlichen „psychologischen Nullpunkt", diese Methode schon deswegen gegenüber der Konstanzmethode keine Vereinfachung des Verfahrens bedeutete, und außerdem die so erzielten Ergebnisse noch weniger übersichtlich waren, wurde trotz der oben erwähnten Bedenken doch auf die Konstanzmethode zurückgegriffen. Insgesamt wurden mit vier Beobachtern zunächst je drei Versuchsreihen durchgeführt, und zwar (unter Benutzung von Kreisflächen 7,3) in den Kombinationen r+b, r+g und b+y (r = rot, b = blau, g = grün, y = gelb).

Für alle drei Kombinationen lagen bei allen vier Beobachtern die Punkte des schon deutlichen Hervor- bezw. Zurücktretens (eines der beiden Objekte gegenüber dem anderen) sicher innerhalb eines Intervalls von 20 cm (unter Benutzung von Anordnung B), oder anders ausgedrückt: die Grenzen des u-Intervalls lagen nicht mehr als 20 cm auseinander. Das u-Intervall hatte aber für die verschiedenen Beobachter eine zuweilen sehr unterschiedliche Lage, wie aus den Tabellen leicht abzulesen ist. Es ist jeweils die absolute Anzahl der Urteile angegeben.

1. b+r.

Die Urteile beziehen sich auf r.

Beob. A.

Tabelle 13.

	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18
+	0	0	0	1	4	5	10	9	11	12
u	0	2	3	4	4	6	1	3	1	0
—	12	10	9	7	4	1	1	0	0	0

Beob. C.

Tabelle 14.

	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18
+	0	0	0	1	7	8	11	10	12	12
u	0	1	3	3	2	3	1	1	0	0
—	12	11	9	8	3	1	0	1	0	0

Beob. D.

Tabelle 15.

	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14	+16	+18
+	0	0	0	2	1	2	6	5	9	12
u	0	1	4	4	6	6	2	4	3	0
—	12	11	8	6	5	4	4	3	0	0

Beob. I.

Tabelle 16.

	−8	−6	−4	−2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12
+	0	0	0	1	0	1	4	6	3	10	12
u	1	2	5	5	8	8	6	4	8	2	0
—	11	10	7	6	4	3	2	2	1	0	0

2. $g^{+}r$.

Die Urteile beziehen sich auf r.

Beob. A.

Tabelle 17.

	−4	−2	0	+2	+4	+6	+8	+10
+	0	0	0	1	3	6	9	12
u	0	2	5	5	6	4	3	0
—	12	10	7	6	3	2	0	0

Beob. C.

Tabelle 18.

	−4	−2	0	+2	+4	+6	+8	+10
+	0	0	1	5	10	11	12	12
u	0	2	2	4	2	1	0	0
—	12	10	9	3	0	0	0	0

Beob. D.

Tabelle 19.

	—4	—2	0	+2	+4	+6	+8	+10
+	0	0	1	2	6	10	11	12
u	0	5	7	8	6	1	1	0
—	12	7	4	2	0	1	0	0

Beob. I.

Tabelle 20.

	—10	—8	—6	—4	—2	—0	+2	+4	+6	+8	+10
+	0	0	2	3	7	6	7	3	9	9	12
u	0	3	7	6	3	5	4	7	3	3	0
—	12	9	3	3	2	1	1	2	0	0	0

3. b+y.

Die Urteile beziehen sich auf y.

Beob. A.

Tabelle 21.

	—4	—2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12
+	0	0	0	0	2	2	5	10	12
u	0	2	2	5	6	4	6	2	0
—	12	10	10	7	4	6	1	0	0

Beob. C.

Tabelle 22.

	—2	0	+2	+4	+6	+8	+10
+	0	0	1	2	10	9	12
u	0	1	2	1	0	1	0
—	12	11	9	9	2	2	0

Beob. D.

Tabelle 23.

	—2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14
+	0	0	0	0	1	2	5	8	12
u	0	1	4	6	4	6	5	4	0
—	12	11	8	6	7	4	2	0	0

Beob. I.

Tabelle 24.

	−6	−4	−2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14
+	0	0	0	0	1	1	4	3	6	8	12
u	0	1	1	5	7	5	6	7	4	4	0
—	12	11	11	7	4	6	2	2	2	0	0

Ungefähre Lage des „psychologischen Nullpunktes“:

Tabelle 25.

Beobachter:	A	C	D	I
a) b+r	+8	+7	+10	+2
b) b+y	+5	+5	+8	+6
c) g+r	+4	+2	+2	+0

Die Zahlenwerte in Tabelle 25 beziehen sich auf das jeweils an zweiter Stelle stehende Objekt; beispielsweise bedeuten also die Zahlenwerte für den Beob. A: r erschien mit b, y mit b, und r mit g in gleicher Entfernung, wenn beziehentlich r einen um 8 cm größeren Abstand vom Beob. hatte als b, y einen um 5 cm größeren Abstand als b, und r einen um 4 cm größeren Abstand als g.

Die Werte sind durch einfache Abschätzung gewonnen worden; hauptsächlich wurde dabei der Übergang von überwiegend Minusurteilen zu überwiegend Plusurteilen beachtet. Bei den Beob. A, C und D ist die Lage des „psychologischen Nullpunktes“ verhältnismäßig leicht festzustellen. Bei dem Beob. I ist es kaum möglich, einen solchen Punkt auch nur ungefähr anzugeben; die Streuung ist zu groß und zu ungleichmäßig.

Bei den drei ersten Beobachtern tritt offenbar r vor b am stärksten hervor, dann y vor b und am wenigsten r vor y. Beim Beob. I zeigte sich die Tendenz, y vor b zu lokalisieren, während r vor b und g kaum hervortrat.

Das u-Intervall zeigt dementsprechend für die verschiedenen Beobachter und Kombinationen unterschiedliche Lagen, dazu unterschiedliche Ausdehnung, am größten durchweg beim Beobachter I, am kleinsten beim Beob. C. Der Zusammenhang zwischen der Größe des u-Intervalls und der Anzahl der u-Urteile in den einzelnen Tabellen ist leicht zu erkennen. Auffallend gering ist die Anzahl der u-Urteile bei dem Beob. C.

Hierzu äußerte sich der Beob. C (im Anschluß an einen Versuch mit b+y): „Ich sehe fast immer eine Tiefendifferenz. Wirkliche Gleichheit ist eigentlich nie vorhanden. Fast ebenso ist es auch, wenn andere getöntfarbige Objekte dargeboten werden; bei b+y macht es sich aber besonders bemerkbar. Wenn ich mal nicht den Eindruck einer eindeutigen Tiefendifferenz habe, so rührt das daher, daß die Objekte schwanken (sich leicht vor- und zurückbewegen).

Es ist nach den vorstehend mitgeteilten Ergebnissen unwahrscheinlich, daß das Hervortreten getöntfarbiger Sehdinge lediglich durch deren unterschiedliche Helligkeit bedingt ist. Abgesehen von den mit dem Beob. I erzielten Ergebnissen trat jedenfalls r vor b so stark hervor, daß unter Berücksichtigung der Ergebnisse von A 5 die relative Helligkeit keineswegs immer als ausreichend zur Erklärung angesehen werden kann, wobei zu bemerken ist, daß die Helligkeitsdifferenz der benutzten roten und blauen Kreisflächen jedenfalls nicht größer war als die der beiden in Versuchsreihe 8 benutzten Objekte.

Es wurde noch auf andere Weise versucht, den spezifischen Einfluß des Farbtons auf die Tiefenlokalisation festzustellen, und zwar auf einem mehr indirekten Wege, nämlich so, daß dem Beob. in der üblichen Weise etwa eine rote und eine blaue, dann eine weiße und eine blaue, dann eine weiße und eine rote Kreisfläche von gleicher Größe dargeboten wurde. Die Objekte unterschieden sich also jeweils nur durch Farbton und Helligkeit. Wäre nun die relative Tiefenlokalisation durch den Farbton nicht mitbestimmt worden, so war zu erwarten (vorausgesetzt, daß dann tatsächlich, abgesehen von Farbton und Helligkeit die Bedingungen für beide Objekte gleich waren), daß auch auf Grund der relativen Helligkeit sich die Tendenz zeigen würde, w vor r, w vor b und r vor b zu lokalisieren. Weiterhin war zu erwarten, daß im „psychologischen Nullpunkt" die objektive Tiefendifferenz zwischen w und b ungefähr gleich der Summe der Tiefendifferenzen zwischen w+r und r+b sein würde.

Jedoch zeigten die Versuchsergebnisse ein ganz anderes Bild:

1. r+b (r konstant, b variabel).

Die Zahlen geben in cm die Verschiebung gegen die physikalische Nullstellung für b an.

Tabelle 26.

Beob.	u-Intervall	Psychol. Nullpunkt
A	—4 bis —11	—8
C	—2 bis —10	—6
F	—4 bis —12	—9

2. r + w (r konstant, w variabel).

Die Zahlen geben in cm die Verschiebung gegen die physikalische Nullstellung für w an.

Tabelle 27.

Beob.	u-Intervall	Psychol. Nullpunkt
A	0 bis —7	—4
C	+2 bis —4	0
F	+3 bis —2	+1

3. b + w (b konstant, w variabel).

Die Zahlen geben in cm die Verschiebung gegen die physikalische Nullstellung für w an.

Tabelle 28.

Beob.	u-Intervall	Psychol. Nullpunkt
A	+4 bis +10	+7
C	+2 bis +8	+5
F	+4 bis +10	+6

Kontrollversuche nach 2 bis 4 Wochen und in einem Falle nach 10 Monaten ergaben keine wesentliche Änderung.

Der „psychologische Nullpunkt" wurde jeweils durch Schätzung ermittelt. Das geschah in der Weise, daß innerhalb des u-Intervalls die Stellung des variablen Objektes etwa 20 bis 25 mal gewechselt wurde; auf Grund der relativen Häufigkeit der Plus-, Minus- und u-Urteile innerhalb des u-Intervalles wurde dann die ungefähre Lage des „psychologischen Nullpunktes" abgeschätzt. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind dementsprechend wohl nicht als ganz so zuverlässig anzusehen wie etwa die Ergebnisse der Versuchsreihen in III A. Immerhin stimmen die Werte unter (1) bei den Beob. A und C mit den Ergebnissen der Versuchsreihen auf Seite 43 f. gut überein. Da in den Versuchsreihen 2 und 3 die Streuung durchweg geringer

war als in Reihe 1, die Abschätzung der Werte in den Reihen 2 und 3 also unter günstigeren Bedingungen erfolgen konnte als die Abschätzung der Werte in Reihe 1, darf ein für die oben angedeutete Auswertung der Ergebnisse hinreichend hoher Sicherheitskoeffizient angenommen werden, zumal bei den Kontrollen eine wesentliche Änderung der Ergebnisse sich nicht gezeigt hat.

r trat bei jedem der drei Beob. offenbar mindestens ebenso stark vor b hervor als w vor b; w trat vor r kaum hervor, jedenfalls nicht in dem Maße, wie es auf Grund der relativen Helligkeit der beiden Sehdinge zu erwarten war. Dagegen trat bei dem Beob. A r vor w stark hervor .

Zu gelegentlichen Beobachtungen dieser Art wurden einige weitere Beobachter hinzugezogen. Während bei etwa 75% dieser Beobachter der Einfluß des Farbtones sich in der oben angegebenen Weise zeigte, war bei den anderen ein solcher Einfluß nicht mit Sicherheit festzustellen. Es ergaben sich erhebliche inter- und intraindividuelle Differenzen. Jedoch bei keinem der Beobachter trat (unter den angegebenen Bedingungen) b vor r hervor. w trat vor b immer hervor, häufig auch vor r. Zuweilen trat r vor w hervor oder beide wurden ungefähr gleich weit lokalisiert.

Auch diese Ergebnisse sprechen also dafür, daß der Farbton selbst, unabhängig von der relativen Helligkeit, und deren Wirkung gelegentlich kompensierend, Einfluß auf das Hervortreten haben kann.

Von besonderem Interesse ist hier weiterhin die Frage nach dem Farbe-Form-Zusammenhang, d. h. die Frage, ob und inwieweit das Hervortreten von Farben dadurch beeinflußt wird, daß diese Farben in gewissen Formen, etwa Kreis, Dreieck, Quadrat, dem Beobachter dargeboten werden. Gilt etwa das, was Kandinsky über das „Klingen" der Farben sagt: „Jedenfalls spitze Farben klingen in ihrer Eigenschaft stärker in spitzer Form (z. B. Gelb im Dreieck); die zur Vertiefung geneigten werden in dieser Wirkung durch runde Formen erhöht (z. B. Blau im Kreis)" [49]) in entsprechender Modifikation auch hinsichtlich des Hervortretens der Farben? Auf einen möglichen Farbe-Form-Zusammenhang weist R. H. Goldschmidt hin: „Möglich ist jedoch beiläufig . . . eine Interpretation speziell von Kandinskys Mitteilungen seiner Beobachtungen eines Farb-Form-Zusammenhanges immerhin durch die Annahme, es seien eine warme Farbe (wie Hering's Urgelb) und eine kalte Farbe

49) Kandinsky, Über das Geistige in der Kunst, insbesondere in der Malerei, Seite 53.

(wie Hering's Urblau) ganz besonders durch ihr unterschiedliches Bewegungsstreben zueinander gegensätzlich. Nach einer solchen Annahme zeigen die einen (etwa die warmen) Farben, entsprechend ihrer Verwandtschaft mit ihrem typischen Repräsentanten (Gelb) ein Streben-aus-sich-heraus, exzentrisch in die Weite ihrer Ausbreitungsfläche und zugleich aus dieser Fläche hinaus auf den Beschauer zu, dagegen die anderen (etwa die kalten) Farben, entsprechend ihrer allgemeinen Verwandtschaft mit deren typischem Repräsentanten (Blau) ein Streben-in-sich-hinein, wonach sie sich konzentrisch in sich zusammenziehen, in ihrer Ausbreitungsfläche schrumpfen und versinken, sodaß sie zugleich mit ihrem Versinken sich vom Beschauer fortbewegen. Und analog kann ferner angenommen werden, daß Formen dann etwas Ausstrahlendes, sich-Ausbreitendes haben (und dementsprechend dann zum Beschauer hin ausstrahlen, sich zu ihm hinwenden), wenn sie spitz sind, wie unter den planimetrisch einfachen Figuren das gleichseitige Dreieck; sowie umgekehrt, daß Formen dann etwas Schrumpfendes und Versinkendes haben (und dementsprechend dann vor dem Beschauer dahinschwinden, sich von ihm abwenden), wenn sie rund sind, wie der Kreis. Sonach handelt es sich um das synergetische Wirken auf das Bewegungsstreben einer Erscheinung, wenn Farbe und Form zueinander passen; andernfalls um Spannungen zwischen unterschiedlichen Bewegungsstrebungen“ [50]).

2. Die „Stereoskopie durch Farbendifferenz“.

Die Ergebnisse des letzten Abschnittes verlangen eine kritische Stellungnahme zur Theorie der „Stereoskopie durch Farbendifferenz“. Einthovens Konstruktion erklärt — relativ zu den Voraussetzungen, die er macht — zwar wohl die Tatsache und vielleicht auch das Maß des einfachen Hervortretens, zumal wenn man berücksichtigt, was Einthoven über die künstliche Variierung des Hervortretens berichtet: „Die Bedeutung der Pupillenverschiebung nach der Seite hin für die Tiefendistanz farbiger Bilder zeigt sich experimentell auf überraschende Weise, wenn man die Pupille von der Nasen- oder von der Schläfenseite bedeckt. Die partielle Bedeckung an der Schläfenseite entspricht völlig der Pupillenverschiebung nach der Naseseite und umgekehrt die Bedeckung an der Nasenseite der Verschiebung nach der Schläfenseite hin. Wer die roten Buchstaben vor den blauen sieht, braucht nur

50) R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 26.

die Pupillen an den Schläfenseiten zu bedecken, um die roten sogar hinter die blauen zurücktreten zu sehen; und bedeckt er die Pupillen von der Nasenseite, dann treten die roten mehr und mehr nach vorn — bei dem Experimentieren in einer Entfernung von 4 bis 5 m schließlich über mehrere dcm. Und wer die blauen Buchstaben vor den roten sieht, bedecke die Pupillen von der Nasenseite her und er wird die blauen zuerst in die Fläche der roten zurücktreten und allmählich sie überschreiten sehen“ [51]).

Eine kritische Betrachtung der Einthoven'schen Thesen und ihr Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung aber führt zu neuen Fragestellungen, auf die hier kurz eingegangen werden soll. Das Hervortreten macht sich weitaus am stärksten bei gewissen getöntfarbigen Sehdingen bemerkbar, aber das Hervortreten selbst ist es nicht allein, was hier interessiert. Ein Vergleich der Versuchsreihen unter III B 1 mit den vorhergehenden Reihen zeigt nämlich, daß die Ergebnisse der Versuche mit getöntfarbigen Sehdingen sich von den Ergebnissen der übrigen Versuche in charakteristischer Weise auch hinsichtlich des Streuungsgebietes unterscheiden. Während in den übrigen Versuchsreihen das u-Intervall eine Ausdehnung von 10 cm nirgends erreichte, überschreitet das u-Intervall in den Versuchsreihen unter III B 1 diesen Betrag zuweilen recht erheblich. Diese Unterschiedlichkeit in der Ausdehnung des Streuungsgebietes zeigte sich auch durchweg bei den etwa 20 weiteren Beobachtern, die zu gelegentlichen Beobachtungen herangezogen wurden.

Einthoven behauptet nun, daß von 30 Personen, die er untersuchte, etwa die Hälfte r vor b sah, die andere Hälfte b vor r. Dagegen fand sich unter einigen 20 Beobachtern, die an den Versuchen unter III B 1 teilnahmen, kein einziger mit der Tendenz, b vor r zu lokalisieren. Allerdings kam es gelegentlich vor, daß b vor r lokalisiert wurde, ohne daß b einen geringeren Abstand vom Beob. hatte als r.

Es zeigten sich erhebliche individuelle Differenzen; während bei einigen Beob. r vor b kaum hervortrat, entsprach bei anderen die Lage des „psychologischen Nullpunktes“ einer Abstandsdifferenz zwischen r und b von mehr als 10 cm. Einige Beob. lokalisierten zunächst anscheinend b vor r; in diesen Fällen aber handelte es sich, wie sich leicht feststellen ließ, ausnahmslos um Beob., die von vornherein annahmen, daß r vor b hervortreten würde und nun zu korrigieren versuchten.

51) Einthofen, a. a. O., Seite 221.

Möglicherweise ist Einthoven dieser „Tücke des Subjekts" zum Opfer gefallen. Immerhin ist es bemerkenswert, daß auch Belajew-Exemplarsky und Schole unter ihren Beob. niemand gefunden haben, der vor dunklem Hintergrunde b vor r lokalisierte.

Andererseits ergab sich auch keine Bestätigung der Ergebnisse Einthovens bei künstlicher Variierung des Hervortretens von r und b. Wurden die Pupillen von der Schläfenseite her soweit abgedeckt, daß das rechts befindliche Objekt eben noch mit dem rechten Auge und das links befindliche Objekt eben noch mit dem linken Auge in seiner ganzen Ausdehnung wahrgenommen wurde, so wäre nach Einthovens Angaben zu erwarten gewesen, daß bei den Beob., die normalerweise r vor b lokalisierten, jetzt b vor r hervortreten würde. Jedoch hat keiner von den Beob., die an diesen Versuchen teilnahmen, über eine solche Inversion berichtet. Allgemein wurde angegeben, daß bei der seitlichen Abdeckung der Pupillen eine erhebliche Verdunkelung des Gesichtsfeldes eintrat; die Farben (r und b) wurden blasser, wodurch r erheblich an Aufdringlichkeit einbüßte; waren r und b gleichabständig vom Beob., so wurde fast immer angegeben, daß eine Tiefendifferenz nicht wahrzunehmen sei. Offenbar handelte es sich um „uneigentliche" Gleichheitsurteile, die auch innerhalb eines größeren Intervalls bei diesen Versuchen fast ausschließlich aufzutreten pflegten. Diese „Indifferenzzone" hatte einen Umfang von durchschnittlich 20—30 cm und lag ungefähr symmetrisch zum physikalischen Nullpunkt.

Einigen Beob. wurden die Einthoven'schen Ergebnisse bekanntgegeben; es fiel ihnen daraufhin nicht schwer, bei seitlicher Abdeckung der Pupillen die von Einthoven beschriebene Inversion zu erleben. Wenn Einthoven der hier offenbar wesentlichen Unwissentlichkeit des Verfahrens nicht in ausreichender Weise Rechnung getragen hat, so dürften seine bei seitlicher Abdeckung der Pupillen erzielten Ergebnisse sich auch ohne seine Konstruktion höchst einfach erklären lassen, zumal wenn man berücksichtigt, daß in der „Indifferenzzone" die normale subjektive räumliche Konstellation der Sehdinge suggestiven Einflüssen kein wesentliches Hindernis bot.

Wurde in schnellem Wechsel einmal mit, dann ohne seitliche Abdeckung der Pupillen beobachtet, so sahen einige Beob. ein deutliches Vor- und Zurückspringen der blauen Kreisflächen, sodaß, wenn die Pupillen seitlich abgedeckt wurden, die blaue Kreisfläche für den Bruchteil einer Sekunde näher als die rote

zu sein schien, wonach dann sogleich der oben beschriebene unbestimmte Tiefeneindruck sich einzustellen pflegte.

Die genauere Nachprüfung der Einthoven'schen Ergebnisse muß den Physiologen überlassen bleiben. Einthoven hat es leider unterlassen, bei seinen Beob. die Abweichung des Durchschnittspunktes der Pupillenebene und der Gesichtslinie von dem Mittelpunkt der Pupillenebene festzustellen. Den experimentellen Nachweis eines Zusammenhanges zwischen der mangelhaften Achromasie des Auges und der schiefen Inzidens der das Auge treffenden Lichtstrahlen einerseits und der „Stereoskopie durch Farbendifferenz" andererseits hat er garnicht erbracht. Die Frage, ob die von Einthoven geltend gemachten Besonderheiten des menschlichen Auges auf die relative Tiefenlokalisation farbiger Sehdinge überhaupt von Einfluß sind oder nicht, kann hier nicht entschieden werden. Jedenfalls bestehen zwischen den Angaben Einthovens und den Ergebnissen der jüngsten Forschung erhebliche Widersprüche.

Es wurde schon erwähnt, daß auch Grünbergs Ergebnisse mit Einthovens Theorie nicht in Einklang zu bringen sind. Wenn die „Verschiebung" zwischen zwei Farben wesentlich davon abhängig ist, ob und wie stark der Schnittpunkt der Gesichtslinie mit der Pupillenebene von dem Mittelpunkt der Pupillenebene abweicht, so kann dem Einfluß der Helligkeit nicht die hervorragende Stellung eingeräumt werden, die sich aus Grünbergs Versuchen ergeben würde; soll doch jenseits der Nulldistanz eine Verschiebung der farbigen Flächen in entgegengesetzter Richtung erfolgen, und die Verschiebung — jedenfalls innerhalb gewisser Grenzen — dem Quadrate der Helligkeit proportional sein. Daraus könnte sich vielleicht eine Abhängigkeit der Verschiebung von der Art des rezipierenden Organs — im Sinne der Duplizitätstheorie — ergeben, eine gleichzeitige Abhängigkeit der Verschiebung von den von Einthoven angegebenen physikalisch-physiologischen Bedingungen aber würde voraussetzen, daß die chromatische Aberration oder die schiefe Inzidenz der das Auge treffenden Lichtstrahlen von der Intensität dieser Lichtstrahlen abhängig wären.

Grünbergs Ergebnisse genügen einer mathematischen Formel mit einer Genauigkeit, die wenig wahrscheinlich wirkt, zumal bei den verhältnismäßig rohen Versuchsbedingungen. Leider hat er nur sehr mangelhafte Angaben darüber gemacht, wie er zu diesen Ergebnissen gekommen ist. Es fehlen die not-

wendigsten Angaben über seine Beobachter und über den Umfang der Beobachtungen; er hat nichts darüber mitgeteilt, wie er das Beobachtungsmaterial ausgewertet hat. Er hat nicht einmal angegeben, ob monokular oder binokular beobachtet worden ist; lediglich aus einer Anmerkung kann man schließen, daß wahrscheinlich binokular beobachtet wurde. Die Bemerkung, daß „die angestellten Versuche gewisse Fähigkeiten des Auges voraussetzen, die nicht jeder zu besitzen scheint ...“ läßt darauf schließen, daß Grünberg jedenfalls nur solche Beobachter zu seinen Versuchen herangezogen hat, die mit diesen gewissen Eigenschaften des Auges ausgerüstet waren. Er hat es aber unterlassen, diese Eigenschaften anzugeben.

Diese Bedenken gegen Grünbergs Arbeit gaben Veranlassung zu einer Wiederholung seiner Versuche. Zu diesem Zwecke wurde die Versuchsanordnung C gebaut, die in ihren wesentlichen Teilen genau der von Grünberg benutzten entsprach [52]). Es wurden Versuche mit Rot und Blau-Grün durchgeführt. Die Versuchsergebnisse entsprachen auch nicht annähernd Grünbergs Angaben. Ein Hervortreten in dem von ihm angegebenen Maße ergab sich nicht. Ebensowenig blieben die Urteile — selbst bei dem gleichen Beobachter — auch nur näherungsweise konstant. Offenbar befand sich unter den Beobachtern niemand, dessen Augen die besonderen Eigenschaften aufwiesen, durch die sich Grünbergs Beob. auszeichneten.

52) Siehe Grünberg, a. a. O., Seite 11.

IV. Untersuchungen über Komponenten der relativen Tiefenlokalisation, die von der Art der im Sehraum sich darbietenden Sehdinge unabhängig sein können.

Die bisher mitgeteilten Versuchsergebnisse lassen die Frage offen, inwieweit das aufgezeigte Hervortreten gewisser Sehdinge von der Art dieser Sehdinge selbst, und inwieweit es von anderen, bei den Versuchen immer konstant gehaltenen Bedingungen abhängig ist. Außerdem ist anzunehmen, daß sich bei diesen Beobachtungen psychische Faktoren geltend machten, die irgendwie den individuellen Differenzen zuzuordnen sind, Faktoren, die der Naturforscher, weil sie nicht aus den Verhältnissen der „realen Wirklichkeit" entspringen, lediglich als Fehlerquellen zu bezeichnen pflegt und nur insofern Interesse an ihnen hat, als er ihnen nach Möglichkeit aus dem Wege zu gehen sucht, die aber für den Psychologen an sich schon von größtem Interesse sind. Solche exogenen und endogenen Bedingungen einer Modifikation des Sehraumes, die „mehr-komplexen-Tendenz-Komponenten" [53]) der relativen Tiefenlokalisation sollen im Folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

1. Die Reduktion der Farben.

Von besonderem Interesse erschien die Frage nach dem Einfluß der Erscheinungsweise von Farben auf ihr Hervortreten. So kann hier gefragt werden, ob und wie sich etwa ein Hervortreten bei Flächenfarben im Gegensatz zu Oberflächenfarben — wie sie bei den Versuchen unter III ausschließlich benutzt wurden — in besonderer Eigenart zeigt. Zur Untersuchung dieser Frage wurden Versuche mit der Anordnung D durchgeführt [54]).

---

53) Im Sinne von R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 39.

54) Siehe Abbldg. 4.

In einen ebenen, senkrecht frontalparallel zum Beob. stehenden Schirm aus schwarzem Papier waren etwa in Augenhöhe des Beob. im Abstande von 6 cm voneinander zwei kreisrunde Löcher mit dem Durchmesser 3,3 cm geschnitten. Auf dem Tisch war hinter jedem dieser beiden Ausschnitte eine Schiene angebracht, auf der in sagittaler Richtung zum Beob. je ein Schlitten [54]) bewegt werden konnte. Jeder Schlitten trug eine Farbscheibe und eine Beleuchtungsvorrichtung. Als Lichtquelle diente je eine Bergmann-Sparwatt- („Tageslicht"-) Lampe 75 W. Zwischen den beiden Schlitten war senkrecht zum Tisch und zum Schirm ein Vorhang angebracht, derart, daß jedes Objekt nur von der zugehörigen Lampe angeleuchtet wurde. Die Objekte erschienen hinter den Ausschnitten, sie ganz ausfüllend, als farbige Scheiben.

Es wurden Versuche mit b + ry, b + w und ry + w durchgeführt [55]). Die Beobachter hatten die Aufgabe, entsprechend den Versuchen unter III die relative Entfernung der in den Ausschnitten des Schirmes erscheinenden farbigen Kreisflächen zu beurteilen. Die Expositionszeit betrug gewöhnlich 2^s, konnte aber beliebig variiert werden. Allen Beob., die auch an den Versuchen unter III teilgenommen hatten, erschien die Beurteilung der relativen Entfernung der beiden farbigen Scheiben schwieriger als bei den früheren Versuchen.

Bei voller Beleuchtung [56]) der Objekte erschienen die Farben entweder als farbige Scheiben im Schirm, oder sie quollen hervor. ry quoll im allgemeinen stärker hervor als b und w. Je schwächer die Objekte beleuchtet wurden, umso weniger machte sich ein Hervorquellen der Farben bemerkbar, umso eher erschienen sie als hinter dem Schirm liegende Flecken. Fixation der farbigen Flecken unterstützte ihr Hervorquellen. ry quoll auch bei sehr herabgesetzter Beleuchtung noch stark hervor, stärker als b bei voller Beleuchtung; beispielsweise, wenn b voll beleuchtet wurde, vor die zu ry gehörige Lampe aber Seidenpapier in achtfacher Lage gehängt wurde. Auch wenn bei gleicher Beleuchtung der beiden Objekte ry etwa doppelt so weit vom Schirm fortgerückt wurde als b, so quoll doch ry stärker hervor als b. Dabei zeigte sich der Grad des Hervorquellens abhängig von der Beachtungseinstellung des Beob. Das Hervorquellen wurde deutlicher, wenn

---

55) Es ist b = blau, w = weiß ry = orange.

56) Vor die Öffnung der die Lampe umschließenden Pappröhre wurde ein Blatt Seidenpapier gehängt.

die Schirmöffnung als solche vorzugsweise beachtet wurde; es war weniger auffällig, wenn nur auf die Farbe geachtet wurde. Während ry mehr dazu neigte, konvex hervorzuquellen, erschien b eher als Scheibe im Schirm. Wenn b hervorquoll, so quoll „nicht die Farbe, sondern blaues Licht hervor, das von weit her kam", wie ein Beob. sich ausdrückte.

Wurde der Abstand der Objekte vom Schirm vergrößert, so wurde dadurch das Hervorquellen von ry wenig beeinflußt, b dagegen schien mit Vergrößerung des Abstandes vom Schirm mehr und mehr hinter dem Schirm zu liegen.

Der Entfernungseindruck der farbigen Flächen war bei dieser Anordnung ganz anderer Art als der Entfernungseindruck bei den Versuchen unter III. Während in den Versuchen unter III die Farben mehr den Charakter von Oberflächenfarben hatten, erschienen sie hier entweder als Flächenfarben oder als Raumfarben. „Man kann mehr oder weniger tief in die Farbe hineinsehen", „eine eigentliche Entfernung der Farbe ist nicht festzustellen" gaben die Beob. häufig an, oder auch „die Entfernung ist unbestimmt". Mit dem Ausdruck „unbestimmte Entfernung" war aber nicht etwa gemeint, daß die Farben keine bestimmte Stelle des Sehraumes eingenommen hätten, sondern daß die Entfernung der Farben vom Schirm nicht abschätzbar, oder mit der Entfernung eines anderen, oberflächenhaft erscheinenden Sehdinges nicht vergleichbar war. Besonders deutlich zeigte sich diese „Unvergleichbarkeit", wenn beispielsweise hinter einer der Schirmöffnungen eine kleine Farbscheibe angebracht wurde, die nur den mittleren Teil der Schirmöffnung ausfüllte, während hinter der anderen Schirmöffnung eine Farbfläche in der üblichen Weise dargeboten wurde. Die Entfernung der kleinen Farbscheibe vom Schirm wurde mit einiger Sicherheit abgeschätzt, freilich nur mit subjektiver Sicherheit, objektive Sicherheit zeigte sich auch bei solchen Beob. nicht, die im Schätzen absoluter Entfernungen geübt waren; hingegen wurde es gewöhnlich als unmöglich bezeichnet, über die absolute Entfernung der anderen Farbe vom Schirm etwas auszusagen. Eine Abschätzung der Entfernung gelang umso eher, je weniger raumhaft die Farbe erschien, bei b eher als bei ry, umso besser, je mehr die Helligkeit der Farben herabgesetzt wurde.

Bei voller Beleuchtung trat ry sowohl vor b als auch vor w stets hervor. ry trat auch vor b dann noch hervor, wenn b bei voller Beleuchtung dargeboten, die Beleuchtung von ry dagegen stark herabgesetzt wurde. Dabei zeigte es sich, daß das Hervortreten des ry vor b nicht nur durch die größere Auf-

dringlichkeit bedingt war. Wurde nämlich die Beleuchtung von ry über eine gewisse Grenze hinaus herabgesetzt, so zeigte es sich, daß zwar b aufdringlicher wirkte als ry, daß aber trotzdem ry noch vor b hervortrat, und zwar meist sehr erheblich. Der Beob. E äußerte hierzu: „Ein schönes Blau, bedeutend heller als Rot" (die Beleuchtung von ry war stark herabgesetzt). „Blau quillt zuweilen, wenn ich lange hinsehe; Rot quillt nur, wenn ich besonders lange fixiere (etwa 10^s), quillt dann aber stärker als Blau, das sonst gelbliche Rot wird dann blutrot; Blau ist viel aufdringlicher als Rot, es ist aber keine unangenehme Aufdringlichkeit, wie sie Rot haben kann, der Ausdruck dafür fehlt mir. Blau drängt sich nicht vor, ist nicht aktiv, ist aber seiner inneren Natur nach anziehender. „Anziehend" ist wohl der richtige Ausdruck. Blau lenkt immer den Blick auf sich, ist drei- bis viermal soweit entfernt wie Rot; Blau ist sehr hell und lenkt schon dadurch eher den Blick auf sich als Rot."

Wurden nun beispielsweise ry und b dargeboten, so erschien b am ehesten als Flächenfarbe, schon dann, wenn b bei voller Beleuchtung etwa 1 m vom Schirm fortgerückt oder die Beleuchtung nur wenig herabgesetzt wurde, während ry nur bei sehr starker Herabsetzung der Beleuchtungsintensität seinen raumhaften Charakter verlor und flächenhaft erschien. In dieser unterschiedlichen Erscheinungsweise sahen die Beob. die größte Schwierigkeit bei der Beurteilung der relativen Entfernung. Die Entfernungen wurden dann häufig als „unvergleichbar" bezeichnet, in ähnlicher Weise unvergleichbar, wie die Entfernung eines oberflächenhaft erscheinenden Sehdinges mit der eines flächenhaft oder raumhaft erscheinenden. Zudem war der Tiefeneindruck meist sehr labil, d. h. die Farben sprangen oder glitten vor und zurück, was bei Raumfarben als eine Änderung der Tiefenausdehnung des farbeerfüllten Raumes erschien.

Diesen Schwierigkeiten bei der Urteilsbildung entsprachen die Angaben der Beob., falls überhaupt die relative Entfernung von ihnen beurteilt wurde, was fast nie spontan, sondern meist nur auf Verlangen des Versuchsleiters geschah. Das Urteil „gleich" trat fast nie auf, und wenn, dann mit Zusätzen, wie etwa: „Es ist ganz gleich, ob ich sage, w ist näher als b oder umgekehrt, ich kann weder die eine noch die andere Angabe verantworten". Im übrigen wurde die relative Entfernung meist in einfachen Zahlenverhältnissen abgeschätzt, wobei fast ausschließlich die Zahlenverhältnisse *2* : *3*, 1 : *2*, 1 : *3* auftraten.

2. Farbwandelspielhafte Darbietung der Farben.

Es wurde schon eingangs darauf hingewiesen, daß auch bei Farbwandelspielen ein Hervor- und Zurücktreten einzelner Teile der farbigen Fläche zu beobachten war. Ein Hervortreten der hellen und der rot-gelben und ein Zurücktreten der dunklen und der blau-grünen Teile war auch bei den Farbwandelspieldarbietungen häufig zu beobachten, jedoch durchaus nicht mit der Regelmäßigkeit und mit der Gleichförmigkeit, die auf Grund der Ergebnisse unter III hätte erwartet werden können. Das lag wohl im wesentlichen daran, daß beim Farbwandelspiel die Tiefengliederung der einzelnen Farbflecken von Bedingungen abhängig sein konnte, die bei den Versuchen unter III sorgfältig ausgeschlossen worden waren, sodaß auch mehr „komplexe-Tendenz-Komponenten" (im Sinne von R. H. Goldschmidt) wirksam wurden, „die darauf beruhen mögen, daß assoziativ oder assimilativ in die Erscheinung etwas hineingesehen wird, beispielsweise, weil sie an eine von hinten beleuchtete Wolke erinnert . . ." [57]). Zunächst lag schon insofern eine wesentliche Abweichung von den übrigen Versuchen vor, als die Beob. in der Regel wußten, daß die Farbflecken auf einen ebenen Schirm projiziert wurden.

Bei den „Farbe-Form-Kompositionen" und „Farbe-Form-Wandelspielen" waren farbige Flächen von bestimmter Helligkeit und Form beobachtbar, die lange genug bestehen blieben, um als solche deutlich bewußt zu werden. Gelegentliche Beobachtungen bestätigten schon von R. H. Goldschmidt mitgeteilte Ergebnisse: „Stets zeigte sich der Eindruck des Hervor- und Zurücktretens der einen und der anderen Form mit einer jeweils zwingenden Aufdringlichkeit. Beispielsweise zeigte sich einem Beob. ein ausgesprochenes Gelb und ein Dreieck als etwas Hervortretendes, dagegen ein ausgesprochenes Blau und ein Kreis als etwas Zurücktretendes; Urgelb und Urblau im Sinne von E. Hering, also vollkommen satte Farben, in deren spezifischer Helligkeit, zeigten dieses Hervor- und Zurücktreten recht aufdringlich. Und ebenso aufdringlich zeigten sich anderen Beob. hiervon abweichende, selbst entgegengesetzte Lokalisationen der einen und der anderen Farben. — Auch ließen sich leicht selbst mit Farben möglichst gleichen Tones, aber unterschiedlicher Helligkeit,

57) Siehe R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 39.

mehrere Stufen des Hervortretens und Zurücktretens simultan darbieten. Die Formen, wie Dreieck und Kreis, zeigten dabei an sich ihr Hervor- und Zurücktreten weniger aufdringlich als ausgesprochene Farben, dementsprechend trat für einen Beob, ein Kreis, wie auch ein Dreieck in Urgelb hervor, ein Dreieck, wie auch ein Kreis in Urblau zurück“ [58]).

Auch „postulat-adäquate“ [59]) Farbwandelspiele ließen eine Tiefenstaffelung der parafrontal sich bewegenden Farben erkennen. Während jedoch etwa „Farbe-Form-Kompositionen in bildmäßigem Ruhezustand“ eine deutliche und relativ konstante Tiefengliederung der einzelnen farbigen Flächen zeigten, war bei den Farbwandelspieldarbietungen die Tiefengliederung selbst einem dauernden Wandel unterworfen, was dem Beobachter als leichtes Vor- und Zurückgleiten der Farben bewußt wurde. So verband sich mit der parafrontalen Bewegung eine solche in sagittaler Richtung zu einer für das Farbwandelspiel charakteristischen Bewegung, die als „In-sich-bewegt-sein“ einer Farbkombination erlebt werden konnte.

3. Der Hintergrund.

Schole hat mit besonderem Nachdruck darauf hingewiesen, daß die Art des Hintergrundes unter Umständen von ausschlaggebendem Einfluß auf die Tiefenlokalisation sein kann. Im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführte einschlägige Versuche ergaben im wesentlichen eine Bestätigung der Ergebnisse Scholes. Freilich hat Schole die Bedeutung des Hintergrundes für die Tiefenlokalisation doch wohl etwas zu hoch veranschlagt. Wenn er z. B. meint, daß r und b vor weißem Hintergrunde invertieren, d. h. daß ebenso wie vor schwarzem Hintergrunde r, vor weißem Hintergrunde b die Tendenz hat hervorzutreten, so ist das nach unsern Versuchsergebnissen so allgemein sicher nicht zutreffend. Wurden bei der Versuchsanordnung A die Objekte vor weißem Hintergrunde dargeboten, so ergab sich für r und b keine vollständige Inversion. Wenn etwa r und b (Kreisflächen 8,5, wie in III B) äquidistant dargeboten wurden, so zeigte sich bei keinem von den 8 zu diesen Beobachtungen zugezogenen Beobachtern die Tendenz, b vor r zu lokalisieren. Wurde nun r zurückbewegt, so wurde allerdings der Punkt, in dem r und b in gleicher Entfernung erschienen, im allgemeinen eher erreicht, als wenn r

58) R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 38.
59) R. H. Goldschmidt, Postulat der Farbwandelspiele, Seite 7.

und b vor schwarzem Hintergrunde dargeboten wurden. Es ließ sich also ein gewisser Einfluß des Hintergrundes auf das Hervortreten der Sehdinge wohl feststellen, eine Inversion im Sinne Scholes ergab sich jedoch bei Benutzung der Anordnung A nicht. Wurde Anordnung B so modifiziert, daß etwa 50 cm hinter den Objekten ein weißer Hintergrund angebracht wurde, so zeigte sich bei entsprechenden Versuchen, daß auch dann im allgemeinen keine Inversion eintrat, wenngleich bei vorsichtiger Beurteilung der gewonnenen Ergebnisse gesagt werden muß, daß sich bei dieser Anordnung doch zuweilen die Tendenz zur Inversion bemerkbar machte, wobei zu erwähnen ist, daß sich erhebliche intraindividuelle und interindividuelle Differenzen zeigten. Diese Differenzen ließen sich weitgehend auf die Art der Beachtung des Hintergrundes zurückführen. Wurden r und b vor weißem Hintergrunde äquidistant dargeboten, so wurden sehr unterschiedliche Beobachtungsergebnisse erzielt, je nachdem ob der Hintergrund mehr oder weniger beachtet wurde. Bei maximaler Beachtung des weißen Hintergrundes trat b gegen r nur selten zurück. Zuweilen erschien b dann näher als r, gewöhnlich aber wurde eine Tiefendifferenz nicht wahrgenommen. Wurde dagegen nach Möglichkeit vom Hintergrunde abstrahiert, so war fast immer r entschieden näher als b. Einige Beobachter gaben an, die Abstraktion vom Hintergrunde gelänge ihnen nicht recht; bei ihnen machte sich ein Hervortreten des r dementsprechend weniger bemerkbar als bei anderen Beob., denen die Abstraktion vom Hintergrunde leichter fiel. Jedenfalls darf als sicher festgestellt gelten, daß Beobachter, die laut Angabe leicht und mit Sicherheit abstrahieren konnten, bei der Abstraktion vom Hintergrunde r vor b mehr hervortreten sahen, als wenn sie den weißen Hintergrund mitbeachteten.

Nicht ohne Bedeutung für die Tiefenlokalisation war auch der Abstand des Hintergrundes von den Objekten. Werden die Sehdinge nur wenig entfernt von einem flächenhaften Hintergrunde dargeboten, so liegt die Gefahr nahe, daß von den Beobachtern versucht wird, sich am Hintergrunde zu orientieren, nämlich in der Weise, daß sie die Entfernung der Sehdinge vom Hintergrunde abzuschätzen versuchen, um so einen Anhaltspunkt für den wirklichen Abstand der Sehdinge vom Beob. zu erhalten. Schon um dieser Gefahr zu entgehen, ist bei den Experimentaluntersuchungen in der Regel Anordnung B benutzt worden, bei der ein flächenhafter Hintergrund im allgemeinen von den Beob. nicht wahrgenommen wurde.

4. Der seitliche Abstand der Objekte.

Marx[60]) sowie Fruböse und Jaensch[61]) haben nachgewiesen, daß man bei der Bestimmung der Tiefensehschärfe unterschiedliche Werte erhält, wenn mit dem seitlichen Abstand der Objekte (Stäbchen oder Nadeln) in verschiedenen Versuchsreihen gewechselt wird. Es ist nun naheliegend zu fragen, ob nicht etwa auch das Hervortreten gewisser Sehdinge durch die Größe des seitlichen Abstandes dieser Sehdinge mitbeeinflußt wird. Durch eigene Versuche, bei denen der seitliche Abstand der Objekte variiert wurde, konnte diese Vermutung bestätigt werden. Wurden die Sehdinge mit etwa 20' bis 30' seitlichem Abstand dargeboten, so versuchten die Beobachter in der Regel, sich an den einander zugewandten Konturenteilen der Objekte zu orientieren, d. h. es wurde versucht, nach Möglichkeit bei der Bildung des Urteils über die relative Entfernung der Objekte die relative Entfernung der Konturenteile vom Beob. abzuschätzen und von allem anderen zu abstrahieren. Manchen Beob. gelang das in etwa auch, was sich bei den Versuchsergebnissen darin zeigte, daß das u-Intervall wesentlich kleiner ausfiel, als wenn der Abstand der Objekte etwa 2° betrug. Dementsprechend machte sich auch ein Hervortreten bei einem Abstand der Objekte von 20' bis 30' wesentlich weniger bemerkbar, als wenn der Abstand 2° betrug[62]).

Um zu verhindern, daß die Orientierung an den Konturen für die Bildung des Entfernungsurteils mitbestimmend war, wurde für die Hauptversuche von vornherein der Abstand der Objekte ausreichend groß gewählt, und zwar hatten die Mittelpunkte der Objekte in der Nullstellung einen Abstand von 2,3°, sodaß auch bei den größten zur Verwendung gelangten Objekten der Mindestabstand der einander zugewandten Konturenteile den Betrag von 1,5° nicht unterschritt. Ein Einfluß der Konturen auf das Zustandekommen des Entfernungsurteils war nicht nachweisbar.

---

60) Marx, Proeven over dieptewaarneming van de macula en extramaculaire deelen van het netvlies. Nederl. Tijdschr. voor Geneeskunde 2, Seite 656.

61) A. Fruboese und P. A. Jaensch, Über den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Tiefensehschärfe. Zeitschr. f. Biologie 77.

62) Über die Bedeutung der Konturen für den Tiefeneindruck berichtet auch P. Zimmermann (Über die Abhängigkeit des Tiefeneindrucks von der Deutlichkeit der Konturen. Zeitschr. f. Psychol. 78).

5. Fixation der Objekte.

Gelegentliche Bemerkungen einzelner Beobachter in den Vorversuchen zeigten, daß Fixation und vorzugsweise Beachtung eines Objektes von Einfluß auf das Hervortreten sein konnten, und zuweilen sogar von sehr erheblichem Einfluß. Aus diesem Grunde war bei den Versuchen unter III den Beob. in der Instruktion besonders eingeschärft worden, beide Objekte möglichst gleichmäßig zu beachten. Um den Einfluß der Fixation auf das Hervortreten genauer feststellen zu können, wurden besondere Versuchsreihen durchgeführt.

Die in III benutzten Objektepaare wurden in unterschiedlichen Tiefenabständen und meist deutlich von einander unterscheidbaren Entfernungen vom Beob. dargeboten. Der Beob. hatte zunächst den Tiefeneindruck bei gleichmäßiger Beachtung beider Objekte anzugeben und dann festzustellen, ob und wie sich dieser Tiefeneindruck änderte, wenn eines der Objekte oder die Mitte zwischen beiden Objekten fixiert wurde.

Die Versuchsergebnisse ließen erkennen, daß die Fixation eines der Objekte oder eines anderen Punktes die Tiefenlokalisation und auch das Hervortreten erheblich beeinflussen konnte. Der Einfluß war aber nicht immer in der gleichen Richtung wirksam; zuweilen trat das fixierte Objekt hervor, häufiger das nicht fixierte. Andererseits wurde in einigen Fällen das Hervortreten durch die Fixation wenig oder garnicht beeinflußt. So trat fast immer, von Fixation wenig beeinflußt, w vor gr und r vor b hervor. Im allgemeinen kann also gesagt werden, daß die Fixation eines der Objekte von Einfluß auf die relative Entfernung zweier Sehdinge sein kann, daß aber gewisse Eigenschaften der Sehdinge, beispielsweise Farbton und Helligkeit, den Einfluß der Fixation beeinträchtigen können.

6. Kontrast und Assimilation.

In III B 1 wurde gezeigt, daß bei Anwendung der Grenzmethode durch die Art, wie die Einzeldarbietungen einander folgen, speziell durch die Wahl des Ausgangspunktes, der „psychologische Nullpunkt" verlagert, also ein Hauptmerkmal des Hervortretens wesentlich beeinflußt wird. Bei Anwendung der Konstanzmethode war eine Abhängigkeit der Lage des „psychologischen Nullpunktes" von der Folge der Einzeldarbietungen solange nicht festzustellen, als bei der Verschiebung der beiden Sehdinge gegeneinander der Betrag der Verschiebung von einer

Einstellung zur nächsten relativ klein war. (In den Versuchsreihen 1 bis 8 betrug die Verschiebung höchstens 5 cm.) Wurde aber mit der Differenz der Abstände der beiden Sehdinge vom Beob. stärker gewechselt, so konnte unter Umständen ein erheblicher Einfluß dieses stärkeren Wechsels der Abstandsdifferenz beobachtet werden. Zur genaueren Untersuchung dieses Einflusses wurden Versuche in der Weise durchgeführt, daß bei besonderen Versuchsreihen von der Art, wie sie unter III beschrieben worden sind, häufig die Abstandsdifferenz stark gewechselt wurde, und zwar erfolgte dieser Wechsel immer von einem Punkt deutlichen Entfernungsunterschiedes zum „psychologischen Nullpunkt" oder zu einem Punkt in seiner Nähe hin. Beispielsweise wurde bei solchen Versuchen mit zwei gleichen Sehdingen, etwa zwei gleichen Kreisflächen, von einer Verschiebung von 10 cm auf gleichen Abstand eingestellt, und die Ergebnisse dieser Einzelversuche besonders ausgewertet. Solche Versuche mögen im folgenden als S-Versuche (Sonderversuche) bezeichnet werden, die maximale Verschiebung als D-Einstellung (oder D) und die Einstellung auf Gleichabständigkeit der beiden Objekte vom Beob. als U-Einstellung.

Das Verhalten der Beob. in den S-Versuchen war sehr unterschiedlich, und zwar ließen sich vier Gruppen von Beob. unterscheiden. Ein Teil der Beob. zeigte kein abweichendes Verhalten, d. h. das Verhältnis der Plus-, Minus- und u-Urteile im Punkte der U-Einstellung zeigte, verglichen mit den Ergebnissen von III, keine konstante Abweichung. Bei einer anderen Gruppe von Beob. trat im Punkte der U-Einstellung eine Häufung der U-Urteile ein; bei der dritten Gruppe ergab sich eine Häufung der Minusurteile, wenn von + D auf U, und eine Häufung der Plusurteile, wenn von — D auf U eingestellt wurde; die Beob. der vierten Gruppe zeigten das gegenteilige Verhalten der Beob. von Gruppe 3, insofern nämlich, als bei ihnen im Punkte der U-Einstellung eine Häufung der Minus-Urteile eintrat, wenn von — D auf U, und eine Häufung der Plus-Urteile, wenn von + D auf U eingestellt wurde. Den Gruppen 2, 3 und 4 wurden nur diejenigen Beobachter zugerechnet, bei denen die Abweichung konstant oder annähernd konstant bei allen S-Versuchen zu beobachten war.

Bei den Beob. der Gruppe 2 und 3 handelt es sich offenbar um eine Kontrasterscheinung: nach einer deutlich wahrnehmbaren Tiefendifferenz wird bei der nächsten Darbietung der Objekte (in der physikalischen Nullstellung oder in einem

Punkte in der Nähe derselben) die entgegengesetzte Tiefendifferenz oder Gleichheit der Entfernungen wahrgenommen. Entsprechend wird man das Verhalten der Beob. aus Gruppe 4 durch einen Assimilationseffekt erklären können.

7. Anomalien der Augen.

L. Heine fand, daß durchweg die Genauigkeit der Tiefenwahrnehmung in funktionaler Abhängigkeit von der Sehschärfe steht. Bei normaler Sehschärfe der Beob. entsprach ein eben merklicher Tiefenunterschied einer durchschnittlichen Querdisparation von 12" bis 13". Bei verminderter Sehschärfe nahm der Winkel zu; war die Sehschärfe übernormal, so war der Winkel gewöhnlich kleiner. Beob. mit Sehschärfe 2 nahmen schon Tiefenunterschiede bei einer Querdisparation von 6" und weniger wahr. Nicht immer aber entsprach einer guten Sehschärfe ein gutes Tiefenwahrnehmungsvermögen.

Diesen Ergebnissen Heines wurde, wie schon erwähnt, dadurch Rechnung getragen, daß zu den Versuchen unter III nur Beob. mit annähernd normaler Sehschärfe zugelassen wurden, da angenommen werden kann, daß zugleich mit der Genauigkeit der Tiefenwahrnehmung auch das Maß des Hervortretens gewisser Sehdinge Modifikationen erleiden wird. Versuche mit Beob., deren Sehschärfe von der normalen erheblich abwich, bestätigten diese Vermutung. Unsere Versuche ergaben gleichzeitig eine Bestätigung der Heine'schen Ergebnisse. Der Beob. N hatte links eine Sehleistung von $^8/_6$, rechts eine solche von $^3/_6$. Das linke Auge war hyperop, das rechte leicht myop. Das Tiefenwahrnehmungsvermögen war viel geringer, als nach Heines Angaben der verminderten Sehleistung entsprochen hätte. Beispielsweise ergab sich bei der Darbietung von 2 weißen Kreisflächen 6 unter den üblichen Bedingungen ein Streuungsbereich für die u-Urteile von 25 cm. Dementsprechend machte sich bei diesem Beob. das Hervortreten zuweilen ungewöhnlich stark bemerkbar, wie die folgenden Beispiele zeigen:

Dargebotene Objekte:				Ungefähre Lage des u-Intervalls
w Krsfl. 6	+w	Krsfl. 10,4.		+ 10 cm bis + 40 cm
„ „ 6	+gr	„ 8,5.		— 15 cm bis + 10 cm
r „ 7,5	+b	„ 7,3.		— 40 cm bis — 10 cm.

Die Zahlen der zweiten Rubrik geben die Verschiebung des jeweils an zweiter Stelle genannten Objektes gegenüber dem an erster Stelle genannten an.

Die Größe des u-Intervalles war offenbar nicht allein durch die verminderte Sehschärfe bedingt, denn bei anderen Beob., die eine ungefähr gleiche Sehleistung aufwiesen, war das u-Intervall viel kleiner als beim Beob. N. Es wird die Mitarbeit der Physiologen notwendig sein um festzustellen, wie weit das Tiefenwahrnehmungsvermögen und das Hervortreten gewisser Sehdinge von Anomalien der Augen abhängig sind.

Zusammenfassung der Hauptergebnisse.

1. Unter den in II angegebenen Versuchsbedingungen ergab sich in Übereinstimmung mit entsprechenden qualitativen Ergebnissen von S. Belajew-Exemplarsky, Br. Petermann und H. Schole, und in quantitativer Hinsicht als Ergänzung zu den bisher vorliegenden Forschungsergebnissen:

a. Die relative Tiefenlokalisation kann durch unterschiedliche Größe der Sehdinge beeinflußt werden. Eine Kreisscheibe mit dem Durchmesser 10,4 cm trat gegen eine Kreisscheibe mit dem Durchmesser 6 cm durchschnittlich ca. 3 cm hervor (in 5 m Abstand vom Beobachter).

b. Die relative Tiefenlokalisation kann durch unterschiedliche Helligkeit der Sehdinge beeinflußt werden. Eine weiße Kreisscheibe mit dem Durchmesser 6 cm trat gegen eine mittelgraue Kreisscheibe mit dem Durchmesser 6 cm durchschnittlich 2 bis 3 cm und gegen eine dunkelgraue Kreisscheibe mit dem Durchmesser 6 cm durchschnittlich 3 bis 4 cm hervor.

c. Unterschiedliche Größe und unterschiedliche Helligkeit der Sehdinge können gleichzeitig von Einfluß auf die relative Tiefenlokalisation sein, derart, daß beide miteinander in „Konkurrenz“ treten. Eine weiße Kreisscheibe mit dem Durchmesser 6 cm trat vor einer mittelgrauen Kreisscheibe mit dem Durchmesser 8,5 cm durchschnittlich nicht mehr als 1 cm hervor.

2. Durch unterschiedliche Form und unterschiedliche Helligkeit der Sehdinge kann das Verhältnis der Urteile „näher“,

„gleich" und „weiter" im Streuungsgebiet beeinflußt werden. Wurden etwa eine Kreisfläche und eine dreieckige Fläche, oder etwa eine weiße Kreisfläche und eine graue Kreisfläche dargeboten, so war die Anzahl der Gleichheitsurteile relativ hoch. Außerdem trug der Eindruck der Gleichabständigkeit zweier Objekte bei der Darbietung solcher Objektepaare in verstärktem Maße den Charakter eines „uneigentlichen Gleichheitseindrucks". Analoge Ergebnisse wurden erzielt, wenn etwa zwei graue Kreisflächen oder zwei weiße dreieckige Flächen dargeboten wurden.

3. Im Hinblick auf die Frage, ob die relative Tiefenlokalisation durch unterschiedliche Farbtönung der Sehdinge beeinflußt werden kann, ergab sich:

a. Die unterschiedliche Helligkeit von Objekten unterschiedlicher Farbtönung ist zur Erklärung des „Hervortretens" nicht voll ausreichend; es muß vielmehr angenommen werden, daß die Farbtönung selbst eine primäre Komponente der Tiefenlokalisation ist. Entgegen der Ansicht Scholes, daß das „Hervortreten" gewisser Farben vor anderen durch die unterschiedliche Helligkeit der Farben zu erklären sei, konnte hier die gegensätzliche Vermutung von S. Belajew-Exemplarsky bestätigt werden.

b. Die Theorien Einthovens reichen nicht aus, das „Hervortreten" getöntfarbiger Sehdinge restlos zu erklären.

4. Als von Einfluß auf die relative Tiefenlokalisation wurden weiterhin festgestellt:

a. Die Erscheinungsweise der Farben; beispielsweise zeigte sich bei Oberflächenfarben ein „Hervortreten" in wesentlich anderer Weise als bei Flächenfarben.

b. Die Art der Darbietung farbiger Flächen; insbesondere waren bei farbwandelhafter Darbietung der Farben charakteristische Eigenarten der Tiefenlokalisation zu beobachten.

c. Die Art des Hintergrundes, beispielsweise seine Helligkeit und seine Flächenhaftigkeit.

d. Der seitliche Abstand der Sehdinge voneinander.

e. Die Änderung der Abstandsdifferenz der Sehdinge vom Beobachter; insbesondere zeigten sich hierbei Kontrast- und Assimilationserscheinungen.

f. Anomalien der Augen des Beobachters.

Literatur.

v. Aster, E., Beiträge zur Psychologie der Raumwahrnehmung. Zeitschr. f. Psychol. 43, 1907.

Baird, I. W., The influence of Accomodation and Convergence upon the perception of depth. American Journal of Psychology XIV, 1903.

Belajew-Exemplarsky, S., Über die sogenannten ‚hervortretenden Farben'. Zeitschr. f. Psychol. 96, 1925.

Brücke, Die Physiologie der Farben. Leipzig 1887.

— in „Die Fortschritte in der Physik im Jahre 1845".

Bullough, E., On the apparent heaviness of colours. British Journal of Psychology 1910.

Donders, Wetensch. bijbladen, behoorende bij het jaarverslag van het Ned. Gasth. voor ooglijders over 1868.

Einthoven, W., On the production of shadow and perspective effects by difference of colours. „Brain" XVI, 1893.

— Stereoskopie durch Farbendifferenz. v. Graefes Archiv f. Ophtalmologie 31, Abtlg. 3.

Fernberger, S. W., Interdependence of Judgments within the series for the method of Constant Stimuli. Journal of experimental Psychology 3, 1920.

Fruböse, A. u. P. A. Jaensch, Der Einfluß verschiedener Faktoren auf die Tiefensehschärfe. Zeitschr. für Biologie 78, 1923.

Goldschmidt, R. H.: Postulat der Farbwandelspiele. Sitzungsber. d. Heidelberger Akademie d. Wissensch., Philos.-Hist. Kl., 1927/28.

Grünberg, V., Über die scheinbare Verschiebung zwischen zwei verschiedenfarbigen Flächen in durchfallendem diffusen Licht. Zeitschr. f. Psychol. 42, 1906.

Heine, L., Sehschärfe und Tiefenwahrnehmung. v. Gräfes Archiv f. Ophtalmol. 51, 1900.

Hering, E., Über die Grenzen der Sehschärfe. Berichte der mathem.-physik. Klasse d. Kgl. Sächs. Akademie d. Wissenschaften, Bd. 51, 1899.

Kandinsky, Über das Geistige in der Kunst, insbesondere in der Malerei, München 1923.

Katz, D., Die Erscheinungsweisen der Farben und ihre Beeinflussung durch die individuelle Erfahrung. Leipzig 1911.

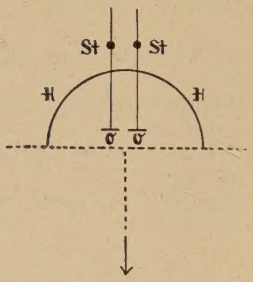
Mayerhausen, Studien über Chromatokinopsie. Archiv für Augenheilkunde XIV.

Marx, Proeven over dieptewaarneming van de macula en extramaculaire deelen van het netvlies. Nederl. Tijdschr. voor Geneeskunde 2, 1911.

Petermann, Br., Über die Bedeutung der Auffassungsbedingungen für die Tiefen- und Raumwahrnehmung. Archiv für die gesamte Psychologie 46, 1924.

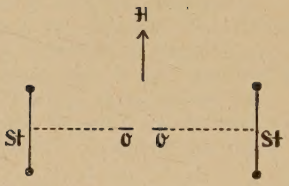
Prandtl, A., Die spezifische Tiefenauffassung des Einzelauges und das Tiefensehen mit zwei Augen. Fortschr. d. Psychologie 4, 1917.

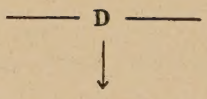
Schapringer, A. Zur Theorie der „Flatternden Herzen". Zeitschr. f. Psychologie 5, 1893.
Schole, H., Beiträge zur Psychologie der Raumwahrnehmung und räumlichen Vorstellung. Zeitschr. f. Psychol. 107, 1928.
Schumann, F., Beiträge zur Analyse der Gesichtswahrnehmungen, Leipzig 1904.
Szili, A., „Flatternde Herzen". Archiv f. Physiol. 1891.
Wheatstone, Sur un effet singulier de juxtaposition des certaines couleurs dans des circonstances particulières. L'Institut Nr. 582.
Zimmermann, P., Über die Abhängigkeit des Tiefeneindrucks von der Deutlichkeit der Konturen. Zeitschr. f. Psychol. 78, 1917.



Beob.

Versuchsanordnung A.
Horizontalschnitt in Augenhöhe des Beobachters.

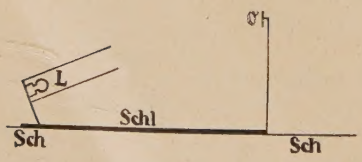




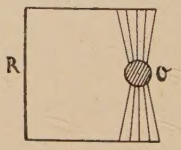
Beob.

Versuchsanordnung B.
Horizontalschnitt in Augenhöhe des Beobachters.

D: Diaphragma
H: Hintergrund
O: Objekt
R: Rahmen
Sch: Schiene
Schl: Schlitten
St: Stativ



Versuchsanordnung D.
Schlitten mit Lampe und Objekt. Seitenansicht.



Versuchsanordnung B.
Aufhängevorrichtung für die Objekte.

Lebenslauf.

Am 8. Februar 1901 wurde ich als Sohn des Tischlermeisters Josef Röttger und seiner Ehefrau Gertrud geb. Thülig zu Dolberg i. Westf. geboren. Nach achtjährigem Besuch der Volksschule erlernte ich zunächst das Tischlerhandwerk. Von Ostern 1917 ab besuchte ich die Präparandie und das Lehrerseminar zu Hamm i. Westf. Dort legte ich Ostern 1922 die erste Lehrerprüfung ab. Am städtischen Gymnasium zu Münster erwarb ich später das Reifezeugnis eines Realgymnasiums. Seit Herbst 1922 studierte ich in Münster zunächst Rechts- und Staatswissenschaften, später Psychologie, Philosophie, Naturwissenschaften und Mathematik. Die vorliegende Arbeit wurde angeregt und geleitet von Herrn Prof. Dr. phil. et med. R. H. Goldschmidt, dem ich zu großem Dank verpflichtet bin. Mein Dank gilt auch allen meinen übrigen akademischen Lehrern, insbesondere den Herren Professoren H. Behnke, A. Brunswig †, M. Ettlinger †, W. Kabitz, H. Scholz und L. v. Ubisch.

Theodor Röttger.